



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **“MODELADO DE UN TORNILLO SIN FIN CÓNICO Y CONSTRUCCIÓN MEDIANTE UNA MÁQUINA CNC DE 4 EJES DIDÁCTICA”**

**GUTIÉRREZ LUCIO MARCIAL VINICIO  
RAMÓN GAGÑAY ALEX DARÍO**

## **TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Previa a la obtención del Título de:**

## **INGENIERO INDUSTRIAL**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2017**

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2016-04-19

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**GUTIÉRREZ LUCIO MARCIAL VINICIO**  
**RAMÓN GAGÑAY ALEX DARÍO**

---

Titulado:

**“MODELADO DE UN TORNILLO SIN FIN CÓNICO Y CONSTRUCCIÓN**  
**MEDIANTE UNA MÁQUINA CNC DE 4 EJES DIDÁCTICA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza  
**DIRECTOR**

---

Ing. Carlos Oswaldo Álvarez Pacheco  
**ASESOR**

---

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** GUTIÉRREZ LUCIO MARCIAL VINICIO

**TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:** “MODELADO DE UN TORNILLO SIN FIN CÓNICO Y CONSTRUCCIÓN MEDIANTE UNA MÁQUINA CNC DE 4 EJES DIDÁCTICA”

**Fecha de examinación:** 2017-01-23

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACION	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Homero Almendáriz Puente <b>PRESIDENTE TRIB.DEFENSA</b>			
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza Mg <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Carlos Oswaldo Álvarez Pacheco Mg. <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Homero Almendáriz Puente.  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

---

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** RAMÓN GAGÑAY ALEX DARÍO

**TITULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:** “MODELADO DE UN TORNILLO SIN FIN CÓNICO Y CONSTRUCCIÓN MEDIANTE UNA MÁQUINA CNC DE 4 EJES DIDÁCTICA”

**Fecha de examinación:** 2017-01-23

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACION	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Homero Almendáriz Puente <b>PRESIDENTE TRIB.DEFENSA</b>			
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza Mg. <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Carlos Oswaldo Álvarez Pacheco Mg. <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Homero Almendáriz Puente.  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud los fundamentos teóricos – científicos y los resultados de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Gutiérrez Lucio Marcial Vinicio

Cédula de identidad: 1500788417

---

Ramón Gagnay Alex Darío

Cédula de identidad: 1804733903

## **DECLARACIÓN DE AUNTENTICIDAD**

Nosotros, Marcial Vinicio Gutiérrez Lucio y Alex Darío Ramón Gagnay, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

Gutiérrez Lucio Marcial Vinicio

Cédula de identidad: 1500788417

---

Ramón Gagnay Alex Darío

Cédula de identidad: 1804733903

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y guiándome por el buen camino para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar, salud y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que soy lo que soy ahora. Los amos con mi vida.

***Marcial Vinicio Gutiérrez Lucio***

El presente trabajo de titulación está dedicado a Dios. Ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera.

A mi madre Luz María Gagnay, porque siempre estuvo a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona con ejemplo de fortaleza, aguante y perseverancia.

A mis hermanos Alexandra y Javier Ramón, por su apoyo incondicional los cuales estuvieron a mi lado en cada momento difícil y nunca quisieron verme desfallecer.

A mis familiares, amigos y seres importantes que ya no están conmigo que siempre estuvieron velando por mí, en este camino que condujo a la realización de este logro.

***Alex Darío Ramón Gagnay***

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más. A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, a mis hermanas quienes han velado por mí durante este arduo camino para convertirme en un profesional. A mi padre quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional. Por último, a mis compañeros de tesis que gracias a la amistad que se formó logramos llegar hasta el final del camino y al Ing. Ángel Guamán Mgs. por la colaboración brindada en todo momento.

***Marcial Vinicio Gutiérrez Lucio***

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida. A mi madre por la confianza y apoyo brindado, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos. A mis hermanos quienes con sus consejos me han ayudado a enfrentar los retos que se me han presentado en mi vida, por ultimo al Ing. Ángel Guamán Mgs. por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

***Alex Darío Ramón Gagñay***



## CONTENIDO

	Pag.
<b>1 MARCO REFERENCIAL</b>	
1.1 Tema.....	1
1.2 Antecedentes .....	1
1.3 Planteamiento del problema.....	2
1.4 Justificación.....	2
1.4.1 <i>Justificación teórica.</i> .....	2
1.4.2 <i>Justificación metodológica.</i> .....	3
1.4.3 <i>Justificación práctica..</i> .....	3
1.5 Objetivos. ....	3
1.5.1 <i>Objetivo general.</i> .....	3
1.5.2 <i>Objetivos específicos:</i> .....	3
<b>2 MARCO TEORICO</b>	
2.1 CAD .....	4
2.1.1 <i>Ventajas del CAD..</i> .....	4
2.2 CAM.....	5
2.2.1 <i>Ventajas del CAM</i> .....	6
2.3 CAD CAM .....	6
2.4 Control numérico por ordenador .....	6
2.4.1 <i>¿Qué es un sistema cnc?</i> .....	8
2.4.2 <i>Ventajas de un sistema CNC</i> .....	9
2.4.3 <i>Desventajas de un sistema CNC</i> .....	9
2.5 Máquina fresadora.....	9
2.5.1 <i>Historia</i> .....	11
2.5.2 <i>Introducción del control numérico.</i> .....	13
2.5.3 <i>Control numérico por computadora en fresadoras.</i> .....	13
2.5.4 <i>Fresadoras según el número de ejes.</i> .....	14
2.5.4.1 <i>Fresadora de tres ejes</i> .....	14
2.5.4.2 <i>Fresadora de cuatro ejes</i> .....	14
2.5.4.3 <i>Fresadora de cinco ejes</i> .....	14
2.6 Normas de seguridad en el trabajo con fresadoras .....	15
2.7 ROUTER CNC.....	16

2.7.1	<i>Aplicaciones.....</i>	20
2.7.2	<i>Descripción general del CAM (fabricación asistida por ordenador) .....</i>	20
2.7.3	<i>Tamaños y configuraciones de enrutador .....</i>	20
2.7.4	<i>El control de la máquina .....</i>	21
2.7.5	<i>Madera.....</i>	21
2.7.6	<i>Herramientas.....</i>	22
2.7.7	<i>Afilado de fresas .....</i>	23
2.8	<i>Tornillo sin fin.....</i>	23
2.8.1	<i>Relaciones geométricas .....</i>	23
2.8.2	<i>Dirección de la transmisión .....</i>	24
2.8.3	<i>Sentido de giro.....</i>	24
2.8.4	<i>Aplicaciones.....</i>	24
2.9	<i>Motores pasó a paso. ....</i>	25
<b>3</b>	<b>MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	
3.1	<i>Diseño y construcción. ....</i>	28
3.2	<i>Parámetros de diseño.....</i>	28
3.2.1	<i>Especificaciones de la máquina .....</i>	28
3.2.2	<i>Espacio de trabajo.....</i>	28
3.2.3	<i>Velocidad de corte (<math>V_c</math>) .....</i>	28
3.2.4	<i>Avance/diente (<math>S_z</math>) .....</i>	29
3.2.5	<i>Velocidad de avance (<math>s'</math>) .....</i>	30
3.2.6	<i>Sección de viruta (<math>S_v</math>).....</i>	30
3.2.7	<i>Volumen de viruta arrancado o cantidad máxima posible (<math>V</math>) .....</i>	31
3.2.8	<i>Presión de corte.....</i>	32
3.2.9	<i>Cálculos .....</i>	32
3.2.10	<i>Cálculo de la fuerza de corte.....</i>	34
3.3	<i>Variables del diseño. ....</i>	34
3.3.1	<i>Costo de la máquina. ....</i>	34
3.3.2	<i>Necesidad de aprendizaje .....</i>	34
3.3.3	<i>Tiempo empleado.....</i>	34
3.4	<i>Diseño del equipo.....</i>	34
3.4.1	<i>La forma del movimiento de la máquina .....</i>	35
3.4.2	<i>Ejes que se utilizaran para el mecanizado .....</i>	35

3.4.3	<i>Diseño de la pieza en software CAD .....</i>	35
3.5	Construcción del equipo.....	40
3.5.1	<i>Tipo de controlador .....</i>	41
3.5.2	<i>Tipo de código .....</i>	64
3.5.3	<i>Tipos de herramienta.....</i>	69
3.5.4	<i>Coronilla.....</i>	73
3.5.5	<i>Mantenimiento para fresadoras .....</i>	77
3.5.6	<i>Seguridad en fresadoras. ....</i>	81
3.6	Pruebas y funcionamiento. ....	83
<b>4</b>	<b>ANALISIS DE COSTOS</b>	
4.1	Costos directos .....	87
4.2	Costos indirectos. ....	88
4.3	Costos totales. ....	89
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1	Conclusiones. ....	90
5.2	Recomendaciones.....	90

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Normas de seguridad para fresadoras. ....	16
2. Velocidad de corte m/min y avance mm/min .....	29
3. Normalización de las profundidades de corte .....	30
4. Cantidad admisible de viruta de potencia en la máquina.....	31
5. Valores de presión de corte.....	32
6. Especificaciones técnicas.....	40
7. Código G.....	65
8. Código G.....	66
9. Códigos M.....	66
10. Abreviaciones de mach3 .....	67
11. Costos directos .....	87
12. Costos indirectos.....	88

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Principios de operación de una máquina herramienta de NC .....	7
2. Principio de operación de una máquina herramienta CNC.....	8
3. Tipos de Fresadoras .....	12
Figura 4. Tipos de Mesa para Router.....	17
5. Router CNC .....	20
6. Motores Paso a paso. ....	27
7. Cono simple .....	35
8. Parámetro de diseño de la hélice.....	35
9. Hélice a seguir el barrido del diente .....	36
10. Construcción de la hélice .....	36
11. Pieza terminada.....	37
12. Modelado CAM .....	37
13. Trayectoria de mecanizado .....	38
14. Simulación de mecanización .....	38
15. Selección del postprocesador.....	39
16. Obtención de códigos G.....	39
17. Inicio de instalación de software .....	42
18. Proceso de instalación de mach 3 .....	43
19. Segundo paso de instalación .....	43
20. Tercer paso para instalación .....	44
21. Cuarto paso de instalación. ....	44
22. Quinto paso de instalación.....	45
23. Sexto paso de instalación.....	45
24. Ejecución del programa. ....	50
25. Programa mach 3 .....	51
26. Configuración de mach3 .....	52
27. Configuración de las unidades de trabajo .....	53
28. Selección de unidades de trabajo .....	53
29. Segunda configuración .....	54
30. Configuración de puertos y pines .....	55
31. Configuración de salidas de motor .....	56
32. Configuración de par de emergencia .....	57

33. Afinación de los motores .....	59
34. Afinación de motor del eje X.....	59
35. Afinación del motor del eje Z.....	61
36. Configuración del cuarto eje A.....	61
37. Configuración de la tecla de acceso.....	62
38. Configuración de la tecla de acceso al sistema.....	63
39. Maquina CNC 3040T-DJ.....	68
40. Cuarto eje.....	68
41. Caja de control MINI CNC ENGRAVING.....	69
42. Fresas .....	70
43. Tipos de herramientas.....	71
44. Fresas cuadradas de corte transversal de 2 vías de 1/4 "y 1/2".....	71
45. Fresa de bola .....	72
46. Fresa para grabados .....	72
47. Formas de coronillas.....	73
48. Procedimiento para cargar código G .....	74
49. Encerar los ejes .....	75
50. Código G en mach3. ....	76
51. Reset.....	77
52. Tipos de mantenimiento.....	78
53. Pruebas previas .....	83
54. Proceso de mecanizado de rueda dentada.....	84
55. Prueba 2 de mecanización.....	84
56. Proceso de construcción 1 del tornillo sinfín.....	85
57. Proceso.....	85
58. Proceso terminado.....	86

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>CAD</b>	Diseño asistido por computador.
<b>CAM</b>	Manufactura asistido por computador.
<b>CAE</b>	Ingeniería asistida por computador.
<b>CNC</b>	Control numérico computacional.
<b>Home</b>	Posición de inicio máquina CNC.
<b>G</b>	Funciones preparatorias.
<b>X</b>	Comando del eje X.
<b>Y</b>	Comando del eje Y.
<b>Z</b>	Comando del eje Z.
<b>R</b>	Radio desde el centro especificado.
<b>A</b>	Ángulo contra los punteros del reloj desde el vector +X.
<b>I</b>	Desplazamiento del centro del arco del eje X.
<b>J</b>	Desplazamiento del centro del arco del eje Y.
<b>K</b>	Desplazamiento del centro del arco del eje Z.
<b>F</b>	Tasa de alimentación.
<b>S</b>	Velocidad de giro.
<b>T</b>	Número de la herramienta.
<b>M</b>	Función miscelánea.

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo A. Lista de códigos para la mecanización del Tornillo sinfín Conico

Anexo B. Proceso- LOGO DE LA ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Anexo C. Proceso-LOGO DE VEHICULO

Anexo D. Proceso-SIMULACIÓN DE MECANIZADO

Anexo E. Proceso-COMIENZO DEL MECANIZADO DEL TORNILLO



## RESUMEN

El modelado de un tornillo sin fin cónico y construcción mediante una maquina CNC de 4 ejes didáctica, sustituyendo así los métodos convencionales y en muchos casos artesanales, esperando lograr reducir el tiempo de fabricación de este tipo de elementos mecánicos mejorando el proceso, elevando la calidad y reduciendo los costos de producción de las mismas. Se realiza el modelado de este prototipo de tornillo sin fin cónico, ayudados del software de diseño Siemens NX que facilita proceso de modelado y simulaciones perfectas de mecanización que nos permitan el análisis del comportamiento antes de la fabricación del prototipo, se analiza la selección de distintos elementos necesarios para poder manipular los motores paso a paso de la máquina que nos permita dar movimiento y controlar los mismos por medio del software mach 3 a través de una computadora. La máquina CNC se encuentra constituido por tres sistemas fundamentales: El sistema mecánico para el movimiento de los cuatro ejes, el sistema de control CNC basado en microcontroladores encargados de interpretar las instrucciones y simultáneamente realizar el control de los elementos mecánicos; y el programa que contiene toda la información de las acciones a realizar. Logrado el prototipo digital y cumpliendo con los requerimientos iniciales se procede con la construcción del modelo en teflón consiguiendo que el sistema CNC sea capaz de cumplir todos los requerimientos en la realización del tornillo sin fin cónico de una manera rápida y eficiente. Se recomienda continuar con la investigación sobre los sistemas CNC para ir fomentando el desarrollo tecnológico de la Escuela.

**PALABRAS CLAVE:**<CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO (CNC)>, <CONTROLADOR DE MAQUINA (MACH 3)>, <DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD)>, <CONTROL NUMÉRICO (NC)>, <MANUFACTURA ASISTIDA POR COMPUTADORA (CAM)>, <SIEMENS NX (SOFTWARE)>

## **ABSTRACT**

The modeling and construction of a conical worm screw using a CNC of 4 axes didactic machine. Thus replacing the conventional and in many cases handmade methods, hoping to reduce the time of manufacture of this type of mechanical elements improving the process, raising the quality and reducing the production costs of it. The modeling of this conical worm screw prototype is performed, with of the help of the Siemens NX software that facilitates the modeling process and perfect simulations of the mechanization that allows us to analysis the behavior before the manufacture of the prototype, we analyze the selection of different elements necessary to be able to manipulate the step by step motors of the machine that allows us to give movement and to control it with the use of the Mach 3 software through a computer. The CNC machine is constitute by three fundamental systems: The mechanical system for the movement of the four axes, the CNC control system based on microcontrollers responsible for interpreting the instructions and simultaneously performing the control of the mechanical elements; and the program that contains all the information of the actions to be performed. Once the digital prototype is achieved and complying with the initial requirements, it is proceeded with the construction of the model in Teflon obtaining that the CNC system is able to fulfill all the requirements in the realization of the conical worm screw in a fast and efficient way. It is recommended to continue research on CNC systems to promote to the technological development of the school.

**KEY WORDS:** <COMPUTER NUMERICAL CONTROL (CNC)>, <MACHINE CONTROLLER (MACH 3)>, <DESING ASSISTED BY COMPUTER (CAD)>, <NUMERICAL CONTROL (NC)>, <MANUFACTURE ASSISTED BY COMPUTER (CAM)>, <SIEMENS NX (SOFTWARE)>

# **CAPÍTULO I**

## **1 MARCO REFERENCIAL**

### **1.1 Tema**

Modelado de un tornillo sin fin cónico y construcción mediante una máquina CNC de 4 ejes didáctica.

### **1.2 Antecedentes**

La Escuela de Ingeniería Industrial actualmente cuenta con un laboratorio de CAD CAM, en la que está equipada con centros de mecanizado CNC industriales, la cual es importante su utilización con personal capacitado en la materia, además el costo de tiempo y energía es elevado, debido a lo complejo de las operaciones, por tal motivo se opta por implementar una maquina CNC de 4 ejes didáctica, disminuyendo considerablemente dichos costos de mecanizado, además que los estudiantes tendrán más oportunidades de mecanizar prototipos diseñados en la catedra de CAD-CAM.

La mecanización de piezas en torno o fresadora, se lo realiza en la mayoría de talleres y empresas industriales a nivel nacional de forma manual, donde los operadores utilizan máquinas convencionales para realizar las piezas que se necesiten, lo cual requiere una gran habilidad humana para su construcción. Es por esto, que en países mejor desarrollados han construido máquinas destinadas a esta labor, con el uso de la automatización se ha mejorado los recursos utilizados para este proceso de mecanizado.

La importancia de la implementación ayudara a la complementación de conocimientos de los estudiantes ya que al involucrarse de manera directa en la mecanización de prototipos en donde se optimizan tiempos de producción y se pueda mecanizar piezas en forma rápida y sencilla, las mismas que puedan ser usadas en distintas áreas tales como: elementos de máquinas, piezas de contornos variados, etc. Sin embargo, el desarrollo tecnológico en nuestro País, aún tiene limitaciones para poder competir de una manera óptima, este avance tecnológico nos facilita mucho en los procesos de fabricación, de tal

forma que se los pueda desarrollar con mayor rapidez, eficacia y disminuyendo costos.

### **1.3 Planteamiento del problema**

Actualmente se encuentra dificultad en el diseño y fabricación de prototipos de forma compleja que en un torno CNC de tipo industrial, es por eso que la importancia de la implementación de la CNC de 4 ejes didáctica ya que ayudara a realizar estos prototipos sin la necesidad de emplear un alto costo de tiempo y energía, además se utilizaran materiales de mecanización de tipo suaves como madera, nylon, etc. De acuerdo a los resultados que brinde se realizaran estudios para proceder a la mecanización de los prototipos en las CNC de tipo industriales.

En nuestro País, la tecnología CNC ha venido incrementándose debido a las necesidades que tienen las industrias de reducir costos de fabricación, dando lugar a la importación de máquinas CNC nuevas y manufacturadas, en el primer caso de altísimo costo, además, pequeñas empresas no pueden adquirir con mucha facilidad las del primer asunto, para este caso son más accesibles las manufacturadas pero, con un menor tiempo de vida útil, dependiendo del estado en que se encuentren, en varios casos, estas máquinas vienen con juego entre elementos, difíciles de identificar por el personal encargado en el montaje y a veces no las pueden instalar quedando obsoletas, por lo que representa una gran pérdida económica para la empresa.

### **1.4 Justificación**

*1.4.1 Justificación teórica.-* Las máquinas CNC tienen un costo elevado, puesto que realizan trabajos de alta precisión en 2D y 3D en diversos materiales, además de la dificultad de la obtención de partes para la reproducción de elementos en el mantenimiento correctivo, también la necesidad de mano de obra especializada para realizar el mantenimiento de software y hardware.

Por tales motivos, lo que pretendemos lograr es construir elementos mecánicos necesarios que ya existen y que son dificultosos de maquinar con máquinas convencionales, en el menor tiempo y a menor costo, es por esto que al implementar la máquina CNC de cuatro ejes didáctica, nos ayudara para que los estudiantes, asimilen el manejo de estas máquinas y se puedan desempeñar en el campo laboral con máquinas a escala real o industriales.

*1.4.2 Justificación metodológica.-* Para lograr los objetivos planteados, partiremos del razonamiento inductivo para analizar y clasificar los hechos particulares de las operaciones aplicadas al momento de realizar ciertos elementos mecánicos, y fomentar la aplicación de la tecnología CNC, como un método óptimo en su elaboración, posteriormente se aplicará el método analítico, que inicia por la identificación de cada una de las partes que conformaran el proyecto, basándose en la información obtenida se ocupará el método sistemático para determinar cada uno de sus componentes y relacionarlos entre sí, para poder determinar su estructura y dinámica, y apoyados del método experimental poder solucionar de una manera eficiente los errores que se presenten, y finalmente ocupar la metodología lógica, para realizar un análisis ordenado desde el inicio del trabajo y cubrir vacíos usando razonamientos lógicos concretos y acertados.

*1.4.3 Justificación práctica.-* Conforme avanza la tecnología, han venido variando los procesos de fabricación de elementos mecánicos, lo que hace que muchos modelos y diseños se vayan descontinuando y cada vez sea más complicado encontrarlos en el mercado, debido a los métodos de fabricación que fueron descartados a través del tiempo, haciendo que la fabricación de estos elementos sea más fácil.

## **1.5 Objetivos.**

*1.5.1 Objetivo general.-* Modelado de un de tornillo sin fin cónico y construcción mediante una máquina CNC de 4 ejes didáctica.

*1.5.2 Objetivos específicos:*

- Realizar el modelo del producto a fabricarse, mediante Software CAD.
- Aplicar el diseño CAD-CAM en la elaboración de un tornillo sin fin cónico.
- Proceder a la elaboración del tornillo sin fin cónico haciendo uso de la tecnología CAM.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEORICO

#### 2.1 CAD

El acrónimo CAD (Diseño Asistido por ordenador – del inglés Computer-Aided Desing) vio la luz en una serie de conferencias dadas por un distinguido pionero en este campo, Ivan Suthreland, en Massachusetts Institute of Technology durante los primeros años 60.

Realmente, los ingenieros utilizan los ordenadores como ayuda en los cálculos de diseño complejo desde los primeros desarrollos de los ordenadores en la postguerra, y las primeras versiones de los equipos CAD datan de mediados de los años 50. Sin embargo, el termino CAD se impuso desde que el desarrollo de los microprocesadores hizo posible crear, modificar y manipular gráficos complejos editados sobre la pantalla de un VDU (Unidad de Edición Visual).

En su sentido más moderno, CAD significa proceso de diseño que emplea sofisticadas técnicas graficas de ordenador, apoyadas en paquetes de software para ayudar en los problemas analíticos, de desarrollo, de coste y ergonómicos asociados con el trabajo de diseño.

*2.1.1 Ventajas del CAD. Estas ventajas forman parte del proceso de diseño total.*

- Producción de dibujos más rápida.
- Mayor precisión de los dibujos.
- Dibujos más limpios.
- Dibujos no repetidos.
- Técnicas especiales de dibujo.
- Análisis y cálculos de diseños más rápidos.

- Superior estilo de diseño.
- Integración del diseño con otras disciplinas.
- Menores requisitos de desarrollo.

## 2.2 CAM

CAM (fabricación asistida por ordenador, del inglés Computer-Aided Maufacture) se refiere a cualquier proceso de fabricación automática que está controlada por ordenadores. Su origen data de los desarrollos de máquinas controladas numéricamente (NC) del final de los años 40 y principios de los 50. Se adoptó el termino CNC cuando estas técnicas comenzaron a ser controladas por el ordenador al final de los años 50 y de los 60. CNC encierra ahora procesos de fabricaciones automáticas muy diferentes que incluyen fresado, torneado, oxicorte, corte con láser, troquelado y soldadura eléctrica por puntos.

Los desarrollos paralelos con robots controlados por ordenador y factorías automatizadas conducen a la evolución de unidades de fabricación completas, controladas por sistemas informáticos centrales y organizados bajo una filosofía conocida como FMS (Sistemas de fabricación Flexibles).

El término CAM se utiliza como denominación general para todas estas disciplinas y para cualquier otra tecnología de fabricación controlada por ordenador que pueda surgir. Los elementos más importantes de un CAM son:

- Técnicas de programación y fabricación CNC.
- Fabricación y ensamblaje mediante robots controlados por ordenador.
- Sistemas de fabricación flexibles (FMS).
- Técnicas de inspección asistidas por ordenador (CAI).
- Técnicas de ensayo asistidas por ordenador (CAT).

*2.2.1 Ventajas del CAM. Las ventajas están relacionadas con el cumplimiento de los siguientes objetivos.*

- Niveles de producción más altos con menor esfuerzo laboral.
- Menor posibilidad de error humano de las consecuencias de su falta de fiabilidad.
- Mayor versatilidad de los objetos fabricados.
- Ahorro de costes por incremento de la eficiencia de fabricación (es decir, menor material estropeado) e incremento de eficiencia en el almacenamiento y ensamblaje.
- Repetitividad de los procesos de fabricación a través del almacenamiento de los datos.
- Productos de mayor calidad.

## **2.3 CAD CAM**

Es una integración de las técnicas CAD y CAM en un proceso completo. Esto significa, por ejemplo, que puede dibujarse cualquier componente sobre una pantalla VDU y transferir los gráficos por medio de señales eléctricas a través de un cable que lo enlace a un sistema de fabricación, en donde los componentes se puedan producir automáticamente sobre una maquina CNC. Esto es una rústica simplificación que requiere una gran ampliación en los capítulos siguientes pero que ayuda a ilustrar una adicional y quizás la más importante ventaja de la unión del CAD y CAM, es decir, la posibilidad de comunicación entre sí.

## **2.4 Control numérico por ordenador**

CNC utiliza los principios esenciales del NC tradicional, pero emplea un programa almacenado para realizar las funciones NC básicas. El control numérico o control decimal numérico (CN) es un sistema de automatización de máquinas que son operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento, en comparación con el mando manual mediante volantes o palancas.



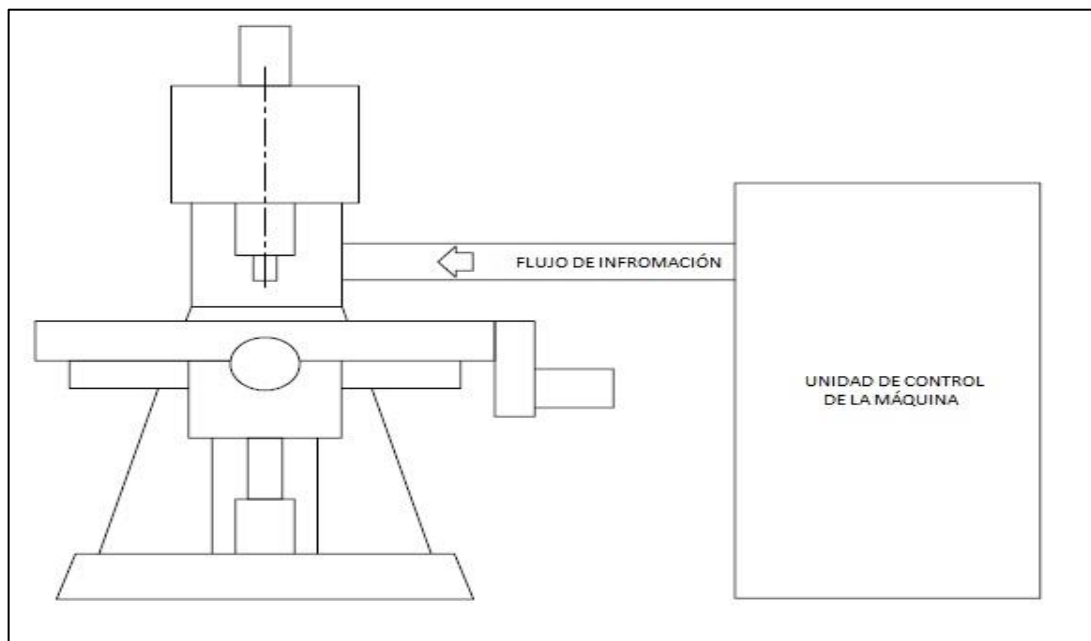
Las primeras máquinas de control remoto numéricos se construyeron en los años 40 y 50, basadas en las máquinas existentes con motores descodificados cuyos números se relacionan manualmente siguiendo las instrucciones dadas en un microscopio de tarjeta perforada (CNC). (LASHERAS J. M., 2013)

El método básico de creación de programas de piezas CNC se denomina entrada manual de datos (MDI) que involucra la entrada de instrucciones por el teclado que, como el ordenador, esta anexionado a la máquina.

El propio programa de piezas CNC no cambia el formato del NC. Se teclean los mismos bloques de instrucciones alfanuméricos en el teclado CNC.

El control numérico (NC) aplicado a las máquinas herramientas surge durante la década de 1940 utilizando tarjetas perforadas que contenían parámetros y coordenadas de posición interpretadas por máquinas herramientas, para posteriormente realizar las acciones contenidas en estas; durante esos años el control numérico fue utilizado en la fabricación de elementos mecánicos para la industria aeronáutica; debido a la alta demanda de estos y a la necesidad de reducción de errores de fabricación, fue necesaria la automatización de estos procesos, utilizando equipo electrónico capaz de controlar las máquinas herramientas de esa época.

Figura 1. Principios de operación de una máquina herramienta de NC

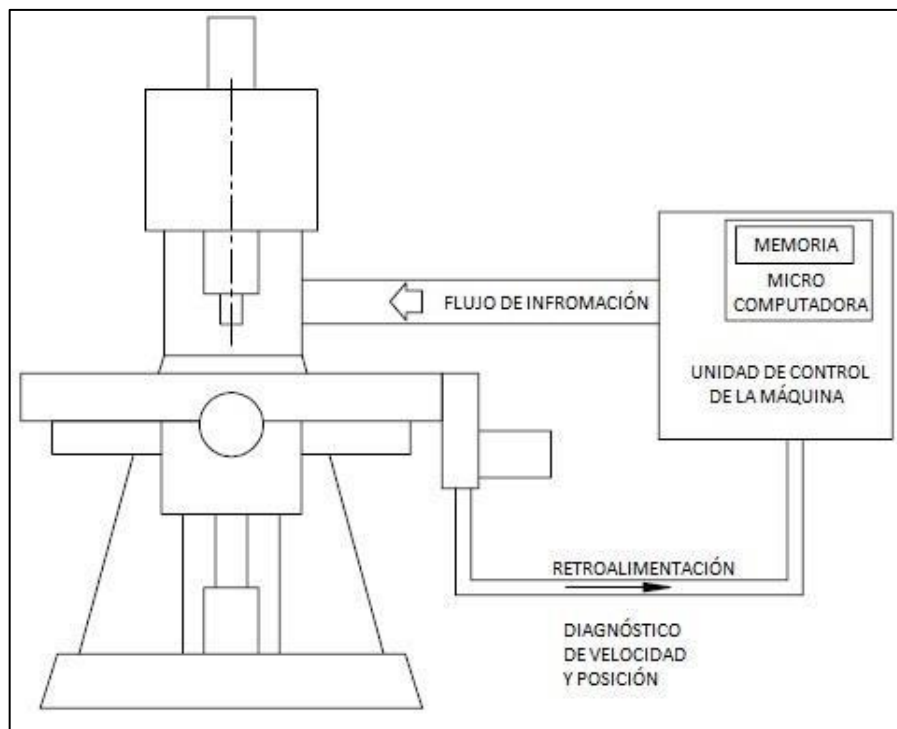


Fuente: RAO, Rajesh. CAD/CAM: principles and applications. p. 215.

Es hasta 1960 que surge el control numérico computarizado (CNC) como mejora al funcionamiento del NC, presentando mayores ventajas y mejor control sobre las máquinas herramientas. El CNC al igual que el NC basa su funcionamiento en una serie de códigos que indican a la máquina los movimientos de avance y mecanizado; los códigos misceláneos (paro, marcha, cambio de herramienta, etc.), a fin de obtener un modelo previamente diseñado; este proceso es realizado a través de sus elementos principales:

- Código programado
- Elementos de interfaz computadora-máquina herramienta
- Máquina herramienta CNC

Figura 2. Principio de operación de una máquina herramienta CNC



Fuente: RAO, Rajesh. CAD/CAM: Principles and applications. p. 216.

**2.4.1 ¿Qué es un sistema CNC?.-** Es un sistema en el cual los valores numéricos programados son directamente insertados y almacenados en alguna forma de medio de entrada, y automáticamente leídos y decodificados para provocar el movimiento correspondiente en la máquina que se está controlando.

**2.4.2 Ventajas de un sistema CNC.**- Los sistemas CNC tiene muchas ventajas dentro de las cuales se numeran las más importantes son:

- Alto grado de calidad debido a la precisión, repetitividad y ausencia de variaciones introducidas por un operador.
- Desperdicios reducidos. Son menos probables los errores debidos a la fatiga del operador, interrupciones y otros factores.
- Inspección simplificada. Una vez que la primera pieza ha pasado la inspección, se requiere una inspección mínima en las partes subsecuentes.
- Menores costos de herramientas debido a la menor necesidad de montajes y reparaciones complejas.
- Tiempo de servicio reducido.

**2.4.3 Desventajas de un sistema CNC.**- Las ventajas son las siguientes:

- Las herramientas de una máquina numéricamente controlada no cortan el material a trabajar tan rápido como las máquinas convencionales.
- El control numérico no elimina la necesidad de herramientas caras. Además, hay un gasto inicial mayor.
- El control numérico no elimina los errores por completo. Los operadores todavía se pueden equivocar al presionar los botones equivocados, al realizar alineaciones erradas, y fallan al ubicar las piezas adecuadamente en una montura.
- Se necesita escoger y entrenar a programadores y a personal de mantenimiento.

## **2.5 Máquina fresadora**

Una fresadora es una máquina herramienta para realizar trabajos mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa. Mediante el fresado se pueden mecanizar los más diversos

materiales, como madera, acero, fundición de hierro, metales no férricos y materiales sintéticos, superficies planas o curvas, de entalladura, de ranuras, de dentado, etc. Además, las piezas fresadas pueden ser desbastadas o afinadas. En las fresadoras tradicionales, la pieza se desplaza acercando las zonas a mecanizar a la herramienta, permitiendo obtener formas diversas, desde superficies planas a otras más complejas (MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA DE ESPAÑA,, 2005)

La mayoría de las fresadoras cuentan con piezas similares entre ellas, las cuales tienen una función principal dentro de la operación de maquinado, estas piezas son: la mesa de trabajo, que es donde se sujeta el material a maquinar, el carro, es aquel que soporta la mesa de trabajo y al mismo tiempo proporciona ciertos movimientos lineales al maquinado, el cabezal es el que contiene al husillo, y el sujetador del cortador, es aquí donde se proporciona el movimiento rotacional al cortador. (MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA DE ESPAÑA,, 2005)

Inventadas a principios del siglo XIX, las fresadoras se han convertido en máquinas básicas en el sector del mecanizado. Gracias a la incorporación del control numérico, son las máquinas-herramienta más polivalentes por la variedad de mecanizados que pueden realizar y por la flexibilidad que permiten en el proceso de fabricación.

La diversidad de procesos mecánicos y el aumento de la competitividad global han dado lugar a una amplia variedad de fresadoras que, aunque tienen una base común, se diferencian notablemente según el sector industrial en el que se utilicen.<sup>3</sup> Asimismo, los progresos técnicos de diseño y calidad en las herramientas de fresar han posibilitado emplear parámetros de corte muy altos, lo que conlleva una reducción drástica de los tiempos de mecanizado. (MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA DE ESPAÑA,, 2005)

Debido a la variedad de mecanizados que se pueden realizar en las fresadoras actuales, al amplio número de máquinas diferentes entre sí, tanto en su potencia como en sus características técnicas, a la diversidad de accesorios utilizados y a la necesidad de cumplir especificaciones de calidad rigurosas, la utilización de fresadoras requiere de personal cualificado profesionalmente, ya sea programador, preparador o fresador. (MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA DE ESPAÑA,, 2005)

El empleo de estas máquinas, con elementos móviles y cortantes, así como líquidos tóxicos para la refrigeración y lubricación del corte, requiere unas condiciones de trabajo que preserven la seguridad y salud de los trabajadores y eviten daños a las máquinas, a las instalaciones y a los productos finales o semielaborados. (MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENCIA DE ESPAÑA,, 2005)

*2.5.1 Historia.-* La primera máquina de fresar se construyó en 1818 y fue diseñada por el estadounidense Eli Whitney con el fin de agilizar la fabricación de fusiles en el estado de Connecticut. Se conserva en el Mechanical Engineering Museum de Yale. En la década de 1830, la empresa Gay & Silver construyó una fresadora que incorporaba el mecanismo de regulación vertical y un soporte para el husillo portaherramientas. (ALDABALDETRECU, 2007)

En 1848, el ingeniero americano Frederick. W. Howe diseñó y fabricó para la empresa Robbins & Lawrence la primera fresadora universal, que incorporaba un dispositivo de copiado de perfiles. Por esas mismas fechas se dio a conocer la fresadora Lincoln, que incorporaba un carnero cilíndrico regulable en sentido vertical.

A mediados del siglo XIX se inició la construcción de fresadoras verticales. Concretamente, en el museo Conservatoire National des Arts et Métiers de París, se conserva una fresadora vertical construida en 1857. (ALDABALDETRECU, 2007)

La primera fresadora universal equipada con plato divisor que permitía la fabricación de engranajes rectos y helicoidales fue fabricada por Brown & Sharpe en 1853, por iniciativa y a instancias de Frederick W. Howe, y fue presentada en la Exposición Universal de París de 1867. (ALDABALDETRECU, 2007)

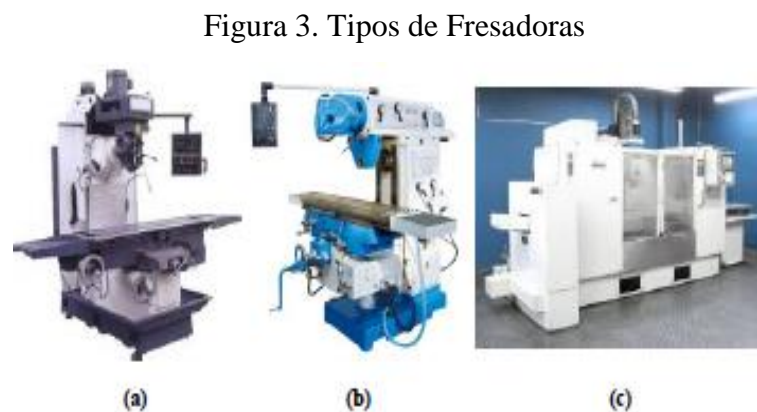
- En 1884, la empresa americana Cincinnati construyó una fresadora universal que incorporaba un carnero cilíndrico posicionado axialmente. (ALDABALDETRECU, 2007)
- En 1874, el constructor francés de máquinas-herramienta Pierre Philippe Huré diseñó una máquina de doble husillo, vertical y horizontal, que se posicionaban mediante giro manual. (ALDABALDETRECU, 2007)

- En 1894 el francés R. Huré diseñó un cabezal universal con el que se pueden realizar diferentes mecanizados con variadas posiciones de la herramienta. Este tipo de cabezal, con ligeras modificaciones, es uno de los accesorios más utilizados actualmente en las fresadoras universales. (ALDABALDETRECU, 2007)

Dentro de las fresadoras más comunes se encuentra la fresadora de tipo columna y codo, en donde el cortador es montado en el husillo, el cual puede ser horizontal o vertical, ya sea para fresado periférico o para fresado de careado y frontal respectivamente.

Las fresadoras de tipo bancada tienen la propiedad de ser de alta rigidez, ya que la mesa de trabajo está sujeta a una bancada, de tal forma que solo puede moverse en una sola dirección, comúnmente este tipo de fresadora es usada en trabajos de alta producción. Las fresadoras tipo cepilladora son similares a las de tipo bancada, con la diferencia de tener diferentes cabezas y cortadores para poder realizar cortes de diferentes superficies, se utilizan para maquinar piezas de gran volumen y de mejor calidad que una cepilladora. Las máquinas de control numérico por computadora (CNC) están remplazando con rapidez a las fresadoras manuales, ya que son más versátiles y tienen la característica de poder realizar diferentes operaciones además del fresado, como lo son: taladrar, mandrilar y machuelear, todo esto con una precisión repetitiva. (LASHERAS J. M., 2002)

En la Figura 3 hay tres tipos de máquinas fresadoras, el centro de maquinado mostrado incorpora dos tipos de operaciones, fresado y torneado, (a) Máquina fresadora de tipo bancada. (b) Máquina fresadora de cabezal giratorio. (c) Centro de maquinado CNC.



Fuente: (THL MACHINE, 2013)

*2.5.2 Introducción del control numérico.-* El primer desarrollo en el área del control numérico por computadora (CNC) lo realizó el inventor norteamericano John T. Parsons (Detroit 1913-2007) junto con su empleado Frank L. Stulen, en la década de 1940.

El concepto de control numérico implicaba usar datos en un sistema de referencia para definir las superficies de contorno de las hélices de un helicóptero. La aplicación del control numérico abarca gran variedad de procesos. Las aplicaciones se dividen en dos categorías: las aplicaciones con máquina herramienta, tales como taladrado, fresado, laminado o torneado; y las aplicaciones sin máquina herramienta, tales como el ensamblaje, trazado, oxicorte o metrología. (CRUZ TERUEL, 2005)

El principio de operación común de todas las aplicaciones del control numérico es el control de la posición relativa de una herramienta o elemento de procesado con respecto al objeto a procesar. Al principio los desplazamientos eran de punto a punto, y se utilizaban básicamente en taladradoras. La invención de las funciones de interpolación lineal y circular y el cambio automático de herramientas posibilitó la construcción de una generación de máquinas-herramienta con las que se taladra, rosca, fresa e incluso se tornea, que han pasado a denominarse centros de mecanizado en lugar de fresadoras propiamente dichas. (CRUZ TERUEL, 2005)

*2.5.3 Control numérico por computadora en fresadoras.-* Las fresadoras con control numérico por computadora (CNC) permiten la automatización programable de la producción. Se diseñaron para adaptar las variaciones en la configuración de productos. Su principal aplicación se centra en volúmenes de producción medios de piezas sencillas y en volúmenes de producción medios y bajos de piezas complejas, permitiendo realizar mecanizados de precisión con la facilidad que representa cambiar de un modelo de pieza a otro mediante la inserción del programa correspondiente y de las nuevas herramientas que se tengan que utilizar, así como el sistema de sujeción de las piezas.

El equipo de control numérico se controla mediante un programa que utiliza números, letras y otros símbolos; por ejemplo, los llamados códigos G (movimientos y ciclos fijos) y M (funciones auxiliares). Estos números, letras y símbolos, los cuales llegan a incluir &, %, \$ y " (comillas), están codificados en un lenguaje apropiado para definir un programa de instrucciones para desarrollar una tarea concreta. Cuando la tarea en cuestión

varía se cambia el programa de instrucciones. En las grandes producciones en serie, el control numérico resulta útil para la robotización de la alimentación y retirada de las piezas mecanizadas. (CRUZ TERUEL, 2005)

Las fresadoras universales modernas cuentan con visualizadores electrónicos donde se muestran las posiciones de las herramientas, según un sistema de coordenadas, y así se facilita mejor la lectura de cotas en sus desplazamientos. Asimismo, a muchas fresadoras se les incorpora un sistema de control numérico por computadora (CNC) que permite automatizar su trabajo. Además, las fresadoras copiadoras incorporan un mecanismo de copiado para diferentes perfiles de mecanizado. (CRUZ TERUEL, 2005)

Existen varios lenguajes de programación CNC para fresadoras, todos ellos de programación numérica, entre los que destacan el lenguaje normalizado internacional ISO y los lenguajes HEIDENHAIN, Fagor y Siemens. Para desarrollar un programa de CNC habitualmente se utilizan simuladores que, mediante la utilización de una computadora, permiten comprobar la secuencia de operaciones programadas. (CRUZ TERUEL, 2005)

*2.5.4 Fresadoras según el número de ejes.*-Las fresadoras pueden clasificarse en función del número de grados de libertad que pueden variarse durante la operación de arranque de viruta. (LASHERAS J. M., 2002)

*2.5.4.1 Fresadora de tres ejes.*- Puede controlarse el movimiento relativo entre pieza y herramienta en los tres ejes de un sistema cartesiano. (LASHERAS J. M., 2002)

*2.5.4.2 Fresadora de cuatro ejes.*- Además del movimiento relativo entre pieza y herramienta en tres ejes, se puede controlar el giro de la pieza sobre un eje, como con un mecanismo divisor o un plato giratorio. Se utilizan para generar superficies con un patrón cilíndrico, como engranajes o ejes estriados. (LASHERAS J. M., 2002)

*2.5.4.3 Fresadora de cinco ejes.*- Además del movimiento relativo entre pieza y herramienta en tres ejes, se puede controlar o bien el giro de la pieza sobre dos ejes, uno perpendicular al eje de la herramienta y otro paralelo a ella (como con un mecanismo divisor y un plato giratorio en una fresadora vertical), o bien el giro de la pieza sobre un



eje horizontal y la inclinación de la herramienta alrededor de un eje perpendicular al anterior. Se utilizan para generar formas complejas, como el rodete de una turbina Francis (LASHERAS J. M., 2002)

## **2.6 Normas de seguridad en el trabajo con fresadoras**

Al manipular una fresadora, hay que observar una serie de requisitos para que las condiciones de trabajo mantengan unos niveles adecuados de seguridad y salud. Los riesgos más frecuentes con este tipo de máquinas son contactos accidentales con la herramienta o con la pieza en movimiento, atrapamientos por los órganos de movimiento de la máquina, proyecciones de la pieza, de la herramienta o de las virutas, dermatitis por contacto con los líquidos refrigerantes y cortes al manipular herramientas o virutas. (MARZAL SOROLLA, 2007)

Para los riesgos de contacto y atrapamiento deben tomarse medidas como el uso de pantallas protectoras, evitar utilizar ropas holgadas, especialmente en lo que se refiere a mangas anchas, corbatas, pañuelos o bufandas y, si se trabaja con el pelo largo, llevarlo recogido. (MARZAL SOROLLA, 2007)

Para los riesgos de proyección de parte o la totalidad de la pieza o de la herramienta, generalmente por su ruptura, deben utilizarse pantallas protectoras y cerrar las puertas antes de la operación. (MARZAL SOROLLA, 2007)

Para los riesgos de dermatitis y cortes por la manipulación de elementos, deben utilizarse guantes de seguridad. Además, los líquidos de corte deben utilizarse únicamente cuando sean necesarios. (MARZAL SOROLLA, 2007)

Además, la propia máquina debe disponer de elementos de seguridad, como enclavamientos que eviten la puesta en marcha involuntaria; botones de parada de emergencia de tipo seta estando el resto de pulsadores encastrados y situados fuera de la zona de peligro. Es recomendable que los riesgos sean eliminados tan cerca de su lugar de generación y tan pronto como sea posible, disponiendo de un sistema de aspiración en la zona de corte, pantallas de seguridad y una buena iluminación. Estas máquinas deben estar en un lugar nivelado y limpio para evitar caídas. En las máquinas en las que, una

vez tomadas las medidas de protección posibles, persista un riesgo residual, éste debe estar adecuadamente señalizado mediante una señalización normalizada. (MARZAL SOROLLA, 2007)

Tabla 1. Normas de seguridad para fresadoras.

Nº	Normas de seguridad para fresadoras
1	Utilizar equipo de seguridad: gafas de seguridad, caretas, entre otros.
2	No utilizar ropa holgada o muy suelta. Se recomiendan las mangas cortas.
3	Utilizar Ropa de Algodón.
4	Utilizar Calzado de seguridad.
5	Mantener un lugar siempre limpio.
6	Es preferible llevar el cabello corto. Si es largo no debe estar suelto sino recogido.
7	No vestir joyería, como collares o anillos.
8	Siempre se deben conocer los controles y el funcionamiento de la fresadora. Se debe saber cómo detener su funcionamiento en caso de emergencia.
9	Es muy recomendable trabajar en un área bien iluminada que ayude al operador, pero la iluminación no debe ser excesiva para que no cause demasiado resplandor.

**Fuente:** Manual de Seguridad y Salud en operaciones con herramientas manuales, maquinaria de taller y soldadura

## 2.7 ROUTER CNC

Un enrutador CNC (Computer Numerical Control de o Router) es una máquina de corte controlada por ordenador, relacionados con el router de mano utilizada para el corte de diversos materiales duros, tales como: madera, materiales compuestos, aluminio, acero, plásticos y espumas.

Las fresadoras CNC pueden realizar las tareas de muchas máquinas de taller de carpintería tales como la sierra de panel, el tupí, y la máquina taladradora. También pueden cortar espigas y muescas. (SHARPE, 1914)

Un enrutador CNC es muy similar en concepto a una fresadora CNC. En lugar de encaminar a mano, las trayectorias de las herramientas se controlan mediante el control

numérico por computadora. El router CNC es uno de los muchos tipos de herramientas que tienen variantes CNC. (SHARPE, 1914)

El router es comúnmente utilizado de forma manual para trabajos artesanales, sin embargo, existe un aditamento conocido como mesa del router, la cual es utilizada para trabajos de mayor precisión, ya que al trabajar a altas revoluciones es común que la precisión disminuya debido a tres factores: al movimiento del router, al movimiento de la pieza de trabajo o a las vibraciones resultado del contacto y corte entre el material y la herramienta.

La función principal de una mesa para router es fijar al router en una posición vertical, en la mayoría de las mesas comerciales el router es fijado en la parte de abajo de la mesa, dejando salir solo al cortador por un orificio en la misma, además, permite alinear el material en una sola posición y deslizarlo a lo largo de mesa para dejar que el cortador realice su función (Figura 4 (a) Mesa para router marca Craftsman. (b) Mesa para router marca Clarke modelo CRT1). Algunas mesas tienen aditamentos para poder conectar un sistema de succión mediante una aspiradora, esto para poder retirar la viruta producto del corte (ALAIN, 2011)

Figura 4. Tipos de Mesa para Router



Fuente: (CLARKEINTERNATIONAL, 2016)

Así pues, la mesa de corte puede ser considerada como precursora de un router automatizado, esto con la finalidad de poder realizar trabajos similares al de una máquina-herramienta de control numérico, en donde se desarrollan operaciones de fresado, torneado, taladrado, entre otras, pero con la particularidad de sólo realizar trabajos de

fresado con materiales cuya dureza no necesite motores de gran potencia para poder ser maquinados y con un costo considerablemente bajo en comparación con las grandes máquinas-herramienta, utilizando una precisión muy cercana a la de los centros de maquinado.

El control numérico tiene sus orígenes a finales de la década de 1940 y principios de 1950 por John T. Parsons en colaboración con el Massachusetts Institute of Technology (MIT) con el propósito de ayudar a la manufactura después de la guerra y facilitar la construcción de aviones. En el año de 1952 fueron utilizadas tarjetas perforadas o cintas de aluminio para realizar los primeros programas de control numérico, con la llegada de los microprocesadores se hizo posible la conexión entre los ordenadores y las máquinas y así poderlas controlar por medio de las computadoras.

Las máquinas CNC fueron construidas originalmente para maquinar metales, pero con el tiempo se realizaron adecuaciones para nuevos diseños y así poder trabajar maderas, plásticos, espumas, telas y otros materiales. No importando la función de las máquinas CNC, todas ellas tienen cuatro características en común. (ALAIN, 2011)

- Un programa
- Un controlador
- Una máquina herramienta
- Una estructura que la soporte

Cada una de estas características cumple con una función importante dentro del sistema general en la operación de maquinado de piezas.

Un router CNC difiere de una máquina-herramienta para trabajar metales principalmente en la cantidad de esfuerzos, cargas y vibraciones a la que está sometida cada una de ellas, por ejemplo, una fresadora puede alcanzar hasta 60,000 [RPM] con mesas de trabajo de 1.5 por 6 metros de longitud y velocidades de corte de 3000 [m/min], además de las velocidades, la precisión y las tolerancias son mayores en las máquinas para trabajar metales.

Un Router CNC se puede definir como una herramienta automatizada de control numérico de 3 ejes utilizada para manufacturar piezas de diferentes materiales blandos, como lo son: madera, acrílico, cerámicos, entre otros. Este tipo de máquinas es utilizado en la pequeña y mediana empresa para generar piezas artesanales con acabados precisos sin tener que recurrir a las grandes máquinas comerciales. Isao Shoda afirma haber hecho las primeras máquinas router CNC en el mundo y haberlas exhibido en la feria internacional de Osaka en 1968.

Un Router CNC está constituido básicamente por 11 componentes, los cuales se pueden dividir en 3 sistemas principales que deben trabajar en conjunto, esto para asegurar su óptimo funcionamiento. (ALAIN, 2011)

- Sistema mecánico y estructura del router.
  - Mesa de trabajo
  - Movimientos del router
- Sistema de accionamiento
  - Ejes de desplazamiento
  - Fijación de material
  - Fijación de la herramienta manual
- Sistema de automatización y control.
  - Controladores
- Programación de control numérico
  - Maquinaria de corte.
  - Router manual
  - Herramienta de corte
  - Parámetros de corte

Un ejemplo de un router comercial se puede observar en la Figura 5, es un router de la marca PRECIX modelo PCX-BT que utiliza un router manual Porter Cable de 3 ¼ HP de potencia como máquina de corte y tiene un área de corte de 1.22 por 1.22 metros.

Figura 5. Router CNC



Fuente: (PRECIX, 2016)

*2.7.1 Aplicaciones.*- Un enrutador CNC puede ser utilizado en la producción de muchos elementos diferentes, tales como tallas de puerta, decoraciones interiores y exteriores, paneles de madera, tableros de la muestra, marcos de madera, molduras, instrumentos musicales, muebles, y así sucesivamente. Además, el router CNC ayuda en el termo conformado de los plásticos mediante la automatización del proceso de recorte. Las fresadoras CNC pueden ayudar a asegurar la repetitividad y suficiente salida de fábrica. (SHARPE, 1914)

*2.7.2 Descripción general del CAM (fabricación asistida por ordenador).*- CAM hace que el dibujo CAD / de diseño en un código llamado código de g-code. La máquina CNC puede entender. En resumen, la tecnología CNC no es muy complicado. Es una herramienta controlada por un ordenador. Sólo se vuelve más sofisticado al considerar cómo la computadora controla la herramienta. (SHARPE, 1914)

*2.7.3 Tamaños y configuraciones de enrutador.*- Las fresadoras CNC vienen en muchas configuraciones, desde pequeña casera "Escritorio" como CNC K2, a grandes routers industriales CNC utilizados en tiendas de la muestra, la ebanistería, la industria aeroespacial. Originalmente las fresadoras CNC añaden el control por ordenador para

herramientas eléctricas del router consumidor.

Aunque hay muchas configuraciones, la mayoría de los routers CNC tienen algunas partes específicas: un controlador CNC dedicado, uno o más motores de cabezal, servomotores, motores paso a paso, amplificadores servo, variadores de frecuencia de CA del inversor, guías lineales, tornillos de bolas y una cama espacio de trabajo o mesa.

Además, los routers CNC pueden tener bombas de vacío, con tableros de mesa rejilla o ranura t mantener bajos los accesorios para mantener las piezas en su lugar para el corte. Las fresadoras CNC están generalmente disponibles en 3 ejes y 5 ejes CNC formatos. Muchos fabricantes ofrecen A y B Eje durante 5 capacidades completas del Eje y cuarto eje giratorio. (SHARPE, 1914)`

*2.7.4 El control de la máquina.-* El router CNC es controlado por un ordenador. Las coordenadas se cargan en el controlador de la máquina a partir de un programa de CAD separada. Propietarios de router CNC a menudo tienen dos aplicaciones-un software programa para hacer diseños (CAD) y otro para traducir estos diseños en programa de instrucciones para la máquina (CAM) un 'G-Code'.

Al igual que con las máquinas de fresado CNC, fresadoras CNC pueden ser controlados directamente por la programación manual, y CAD / CAM abre posibilidades más amplias para el contorno, acelerando el proceso de programación y en algunos casos la creación de programas cuya programación manual sería, si no es verdaderamente imposible, sin duda comercialmente poco práctico. (SHARPE, 1914)

*2.7.5 Madera.-* Un enrutador CNC de madera es una herramienta CNC Router que crea objetos de madera. CNC destaca por el control numérico por computadora. El CNC trabaja en el sistema de coordenadas cartesianas (X, Y, Z) de coordenadas para el control de movimiento en 3D.

Partes de un proyecto se pueden diseñar en el ordenador con un programa de CAD / CAM, y luego se cortan automáticamente mediante un router u otros cortadores para producir un CNC Router part. El acabado es ideal para pasatiempos, prototipos de ingeniería, desarrollo de productos, el arte, y el trabajo de producción. (SHARPE, 1914)

*2.7.6 Herramientas.*- Las herramientas de corte más utilizadas en una fresadora se denominan fresas, aunque también pueden utilizarse otras herramientas para realizar operaciones diferentes al fresado, como brocas para taladrar o escariadores. Las fresas son herramientas de corte de forma, material y dimensiones muy variados de acuerdo con el tipo de fresado que se quiera realizar. Una fresa está determinada por su diámetro, su forma, material constituyente, número de labios o dientes que tenga y el sistema de sujeción a la máquina. (ALDABALDETRECU, 2007)

Los labios cortantes de las fresas de acero rápido (HSS) pueden ser rectilíneos o helicoidales, y las fresas que montan plaquitas intercambiables son de carburo metálico como el carburo de tungsteno, conocido como widia, de metalcerámica o, en casos especiales, de nitruro de boro cúbico (CBN) o de diamante policristalino (PDC). En general, los materiales más duros en los filos de corte permiten utilizar mayores velocidades de corte, pero al ser menos tenaces, exigen una velocidad de avance menor. El número de labios o plaquitas de las fresas depende de su diámetro, de la cantidad de viruta que debe arrancar, de la dureza del material y del tipo de fresa. (ALDABALDETRECU, 2007)

La madera, a diferencia del plástico y el aluminio, tiene una gran Chipload La diferencia es variada debido a la meta de cada usuario. El fabricante de muebles finos tiene una preocupación por el acabado que el fabricante de muebles tapizados. El primero tiene muchas superficies expuestas que requieren una preocupación por el acabado.

Mientras que el fabricante tapizado es Preocupados por algunos requisitos de acabado, la mayor parte está cubierto con material y no expuesto. Dado que las velocidades de alimentación Determinar chipload y posteriormente terminar, el rango de El acabado de borde aceptable es extremadamente amplio en la industria de la madera. (ALDABALDETRECU, 2007)

No hace tantos años, el mecanizado de plásticos era más un arte que una ciencia. El típico fabricante de hojas o vacío utilizó una variedad de técnicas innovadoras para realizar algunas funciones de mecanizado secundario muy difíciles.

El fijado unico de piezas y colocación de maquinaria para alcanzar los resultados necesarios eran comunes. El uso de aparatos eléctricos y Y los taladros fueron el modo



de operación con corte Selección de herramientas basadas en la disponibilidad en la casa de suministro local. Se utilizaron herramientas de corte de metal y madera. En relación con la eficacia o la eficiencia. Básicamente, en plástico, la industria del mecanizado estaba logrando un gran beneficio de mucha ayuda externa. (ALDABALDETRECU, 2007)

*2.7.7 Afilado de fresas.*- La forma constructiva de las fresas de acero rápido permite que cuando los filos de corte están desgastados puedan ser afilados nuevamente mediante unas máquinas de afilar diseñadas para esta tarea. Hay un tipo de máquina, denominada afiladora universal, que, con los accesorios adecuados y las muelas adecuadas, permite realizar el afilado de brocas, escariadores y fresas frontales y cilíndricas mediante el rectificado con discos de esmeril. (ALDABALDETRECU, 2007)

## **2.8 Tornillo sin fin**

El engranaje de tornillo sin fin se utiliza para transmitir la potencia entre ejes que se cruzan, casi siempre perpendicularmente entre sí. En un pequeño espacio se pueden obtener satisfactoriamente relaciones de velocidad comparativamente altas, aunque quizás a costa del rendimiento en equiparación con otros tipos de engranajes.

El contacto de impacto en el engrane de los engranajes rectos y de otros tipos no existe en los de tornillo sin fin. En vez de esto, los filetes deslizan en contacto permanente con los dientes de la rueda, lo que da por resultado un funcionamiento silencioso si el diseño, la fabricación y el funcionamiento son correctos.

Como el deslizamiento es mayor, a veces se originan dificultades por el calor debido al rozamiento. En condiciones extremas de carga la caja o cárter de engranajes se puede calentar, se pueden aplicar también a otros engranajes. (OBERG, 1920)

*2.8.1 Relaciones geométricas.*- Cada vez que el tornillo sin fin da una vuelta completa, el engranaje avanza un número de dientes igual al número de entradas del sinfín. El tornillo sin fin puede ser un mecanismo irreversible o no, dependiendo del ángulo de la hélice, junto a otros factores. (OBERG, 1920)

La velocidad de giro del eje conducido depende del número de entradas del tornillo y del número de dientes de la rueda. Se puede entender el número de entradas del tornillo como el número de hélices simples que lo forman. En la práctica la mayoría de tornillos son de una sola entrada, por lo que cada vez que éste dé una vuelta, el engranaje avanza un sólo diente. (OBERG, 1920)

*2.8.2 Dirección de la transmisión.-* Al contrario que en los sistemas de piñón y cremallera, en general (salvo casos especiales) la dirección de la transmisión del movimiento entre los dos ejes no es reversible, especialmente cuando se usan coeficientes de reducción grande con tornillos de una sola espiral: es el tornillo el que hace girar al engranaje, y no al revés.

Esto es debido a que la espiral del tornillo es notablemente perpendicular a los dientes de la rueda, dando un momento de giro prácticamente nulo cuando se intenta hacerla girar. Se trata de una ventaja considerable cuando se desea eliminar cualquier posibilidad de que los movimientos de la rueda se transmitan al tornillo. En cambio, en los tornillos de espirales múltiples, este efecto se reduce considerablemente, debiéndose tener en cuenta la reducción del efecto de frenado, hasta el punto de que el engranaje puede ser capaz de hacer girar al tornillo. (OBERG, 1920)

Configuraciones del sin fin en las que el equipo no puede transmitir movimientos al tornillo se dice que son autoblocantes, circunstancia que depende del ángulo de ataque entre engranajes y del coeficiente de fricción entre ambos. (OBERG, 1920)

*2.8.3 Sentido de giro.-* Un sin fin dextrógiro es aquel en que las espirales del tornillo se inclinan hacia su lado izquierdo cuando se observa con su eje en posición horizontal, coincidiendo con los criterios habituales usados en física y en mecánica. Dos engranajes helicoidales externos que operen sobre ejes paralelos deben ser de la mano contraria. En cambio, un tornillo helicoidal y su piñón deben ser de la misma mano. (OBERG, 1920)

*2.8.4 Aplicaciones.-* En los automóviles de principios del siglo XX, antes de la introducción de la dirección asistida, el efecto de un plano o un reventón en una de las ruedas delanteras provocaba que el mecanismo de dirección se desviase hacia el lado del neumático pinchado. El empleo de un sin fin en la columna de dirección reduce este

efecto. El desarrollo posterior del sistema de husillo de bolas, permitió reducir aún más los rozamientos; mejorando tanto el control del vehículo como la durabilidad y precisión del mecanismo de dirección. (OBERG, 1920)

El sin fin es un medio compacto para reducir la velocidad y aumentar el par de giro especialmente en motores eléctricos pequeños, que generalmente son de alta velocidad y de bajo par. La adición de un sin fin aumenta notablemente sus posibilidades de aplicación.

Tornillos sin fin se utilizan en prensas, laminadores, cadenas de montaje, maquinaria en industrias de explotación minera, en timones de barco y en sierras circulares. Además, en fresadoras y máquinas herramienta sirven para ubicar los útiles de corte en la zona de trabajo con alta precisión, utilizando sistemas de doble tornillo con tolerancias estrictas. También se utilizan en los mecanismos de control de muchos tipos de ascensores y de escaleras mecánicas, debido a su tamaño compacto y a la no reversibilidad del movimiento.

En la época de los barcos de vela, la introducción del sin fin para controlar el timón fue un avance significativo. Hasta entonces, el mecanismo utilizado consistía en una cuerda arrollada a un torno. Muchos barcos contaban con dos ruedas de gran diámetro, porque en caso de marejada podían necesitarse hasta cuatro tripulantes para gobernar el timón.

## **2.9 Motores pasó a paso.**

El motor a paso es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de avanzar una serie de grados (paso) dependiendo de sus entradas de control. El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un conversor digital-analógico (D/A) y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas lógicos.

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8°, es decir, que se

necesitarán 4 pasos en el primer caso ( $90^\circ$ ) y 200 para el segundo caso ( $1.8^\circ$ ), para completar un giro completo de  $360^\circ$ .

Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas están energizadas, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas.

El motor paso a paso está constituido esencialmente por dos partes: a) Una fija llamada "estator", construida a base de cavidades en las que van depositadas las bobinas que excitadas convenientemente formarán los polos norte-sur de forma que se cree un campo magnético giratorio. b) Una móvil, llamada "rotor" construida mediante un imán permanente, con el mismo número de pares de polos, que el contenido en una sección de la bobina del estator; este conjunto va montado sobre un eje soportado por dos cojinetes que le permiten girar libremente.

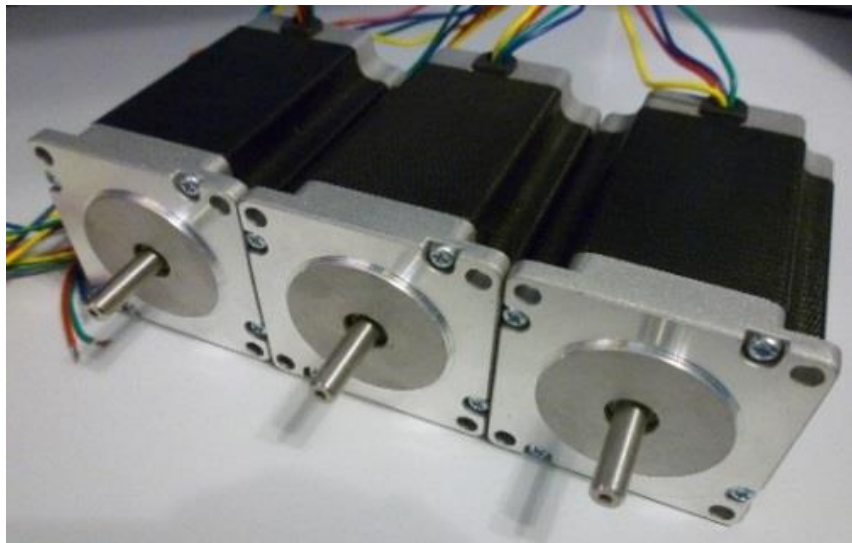
Los motores eléctricos, en general, basan su funcionamiento en las fuerzas ejercidas por un campo electromagnético y creadas al hacer circular una corriente eléctrica a través de una o varias bobinas. Si dicha bobina, generalmente circular y denominada estator, se mantiene en una posición mecánica fija y en su interior, bajo la influencia del campo electromagnético, se coloca otra bobina, llamada rotor, recorrida por una corriente y capaz de girar sobre su eje, esta última tenderá a buscar la posición de equilibrio magnético, es decir, orientará sus polos NORTE-SUR hacia los polos SUR-NORTE del estator, respectivamente.

Cuando el rotor alcanza esta posición de equilibrio, el estator cambia la orientación de sus polos, aquel tratará de buscar la nueva posición de equilibrio; manteniendo dicha situación de manera continuada, se conseguirá un movimiento giratorio y continuo del rotor y a la vez la transformación de una energía eléctrica en otra mecánica en forma de movimiento circular.

Aún basado en el mismo fenómeno, el principio de funcionamiento de los motores de corriente continua, los motores paso a paso son más sencillos si cabe, que cualquier otro tipo de motor eléctrico.

Hay dos tipos básicos de motores Paso a Paso, los BIPOLARES que se componen de dos bobinas y los UNIPOLARES que tienen cuatro bobinas. Externamente se diferencian entre sí por el número de cables. Los bipolares solo tienen cuatro conexiones dos para cada bobina y los unipolares que normalmente presentan seis cables, dos para cada bobina y otro para alimentación de cada par de éstas, aunque en algunos casos podemos encontrar motores unipolares con cinco cables, básicamente es lo mismo, solo que el cable de alimentación es común para los dos pares de bobinas.

Figura 6. Motores Paso a paso.



Fuente: (AHIP CNC, 2010)

## CAPÍTULO III

### 3 MÉTODOS Y TÉCNICAS

#### 3.1 Diseño y construcción.

Para realizar el proyecto que es la parte principal de esta investigación y con la finalidad de aplicar la tecnología CNC, mediante un software de diseño CAD como Siemens NX que nos brinde una perspectiva 3D del elemento, de acuerdo con los parámetros de diseño y los resultados que nos arrojen los cálculos, que sean necesarios., y que satisfagan las necesidades a cumplirse en este proyecto.

#### 3.2 Parámetros de diseño.

*3.2.1 Especificaciones de la máquina.-* La máquina como tal debe ser capaz de mecanizar diversos mecanismos dentro de los cuales este el tornillo sinfín cónico, que es la parte fundamental de esta investigación.

*3.2.2 Espacio de trabajo.-* La máquina como tal tiene un espacio de trabajo de las siguientes características:

- Recorrido eje X = 300 mm.
- Recorrido eje Y = 400 mm.
- Recorrido eje Z = 50mm.
- Peso del spindle y su base = 2 Kg.

*3.2.3 Velocidad de corte ( $V_c$ ).*- Es la velocidad lineal de la periferia de la pieza que está en contacto con herramienta de fresado. La ecuación (1), de la velocidad de corte, que se expresa en metros por minuto (m/min), tiene que ser elegida antes de iniciar el mecanizado y su valor adecuado depende de muchos factores, especialmente de la calidad y tipo de fresa que se utilice, de la dureza y la maquinabilidad que tenga el material que

se mecanice y de la velocidad de avance empleada, la potencia de los motores y de la rigidez de la fijación de la pieza y de la herramienta.

$$V_c = \frac{\pi * d * N}{1000} = \frac{m}{min} \quad (1)$$

De donde:

- $\pi = 3.1416$
- $d$  = Diámetro de la fresa (mm)
- $N$  = Revoluciones por minuto (R.P.M)

Como útil de corte se va a emplear una fresa piramidal, recubierta de XTIALN, cuyo distribuidor es Vinil Shop, dentro de su catálogo muestra las siguientes velocidades de corte como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2. Velocidad de corte m/min y avance mm/min

Materiales	Velocidad m/min	Velocidad Ad mm/diente	Observaciones
ALUMINIO	200/400	0,03/0,10	Petróleo o RGV -Copos suaves, adherentes
ALEAC. ALUMINIO	200/400	0,03/0,10	Emulsión de Aceite de Corte Copos más secos
LATONES	150/300	0,02/0,10	Emulsión de Aceite de Corte
BRONCES-ZINC	100/150	0,002/0,10	Emulsión de Aceite de Corte
PLASTICOS (Baquelita)	50/100	0,04/0,20	Aire
TERMOPLÁSTICOS (Acetato) (Plexi) (Pvc) (Nylon)	100/50	0,04/0,20	Aire Agua Vaporizada
ACERO-INOX	90	0,002/0,02	Emulsion de Aceite de Corte
MADERA	60/100	0,02/0,12	Aire

Siempre es mejor tener un chorro de aire bien dirigido (acción mecánica muy importante) antes que un chorro únicamente de limpieza.

Fuente: (VINILSHOP, 2009)

**3.2.4 Avance/diente (Sz).**- Para prolongar la vida útil de la herramienta y garantizar un corte óptimo se debe seleccionar un avance por diente correcto. Si el avance es bajo ocasiona un desgaste prematuro de los dientes, caso contrario con un avance excesivo se corre el riesgo que el espacio entre dientes no sea suficiente para transportar la viruta, la Tabla 2 muestra el avance/diente recomendado para distintos materiales a trabajar:

3.2.5 *Velocidad de avance (s')*.- Muy ligada a la fresa, el material de la pieza, la profundidad de corte y la calidad superficial que se desee. Representa el desplazamiento de la herramienta respecto a la pieza, en función del avance por diente se puede calcular mediante la ecuación (2):

$$s' = Sz * z * N = \frac{mm}{min} \quad (2)$$

De donde:

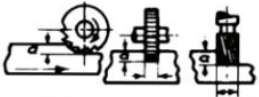
- Sz = avance / diente (mm).
- z = Número de dientes de la fresa.
- N = R.P.M.

3.2.6 *Sección de viruta (Sv)*.- Existe una relación entre el avance por diente de la fresa (Sz) y la profundidad de corte, como se muestra en la ecuación (3), también depende del tipo de fresado a realizarse.

Para elegir la profundidad de fresado nos basamos en la tabla 3

$$Sv = a * sz = mm^2 \quad (3)$$

Tabla 3. Normalización de las profundidades de corte

	Profundidades de fresado «a» y ancho de corte		
	Fresado en terminación y con pasada única	Fresado en desbaste	Fresado en Afinado
1. Fresas Cilíndricas.	Todo el ancho de la fresa, a = 3 mm.	Todo el ancho de la fresa, a = 5-8 mm.	Todo el ancho de la fresa, a = 1 mm.
2. Fresas Frontales.	Ancho = al diámetro de la fresa, a = 3 mm.	La mitad del diámetro de la fresa, a = 5 mm.	Igual al diámetro de la fresa, a = 1 mm.
3. Fresas Frontales de mango.	Igual al diámetro de la fresa, a = 2 mm.	La mitad del diámetro de la fresa, a = 4 mm.	Igual al diámetro de la fresa, a = 0,5 mm.
4. Fresas de disco.	a = Ancho de la fresa como máximo	a = a la mitad del ancho de la fresa	a = 5 % del ancho de la fresa
5. Fresas de forma.	a = Todo el perfil en pequeñas formas	a = 1.º Pasada 45 % altura, 2.º 45 %	a = 10 % de la altura de su forma

Fuente: (CASILLAS, 2008)A.L. Casillas



3.2.7 *Volumen de viruta arrancado o cantidad máxima posible (V).*- En el fresado tangencial, el volumen de viruta arrancado se expresa en cm<sup>3</sup> por minuto, se obtiene de la ecuación (4):

$$v = \frac{a * b * s'}{1000} = \frac{cm^3}{min} \quad (4)$$

Donde.

- a = Profundidad de corte o fresado.
- b = Anchura de corte o diámetro de la fresa.
- s' = Velocidad de avance.
- En la ecuación (5) se expresa la cantidad admisible en cm<sup>3</sup>/ KW \* min y potencia de la máquina.

$$V = V' * P = \frac{cm^3}{min} \quad (5)$$

Donde:

- V' = Cantidad admisible en cm<sup>3</sup> / KW \* min.
- P = potencia de la máquina en KW.

Tabla 4. Cantidad admisible de viruta de potencia en la máquina

Cantidad V' Admisible de virutas en cm <sup>3</sup> /Kw min de potencia en la máquina						
Clase de fresado	Acero sin alear 35...60 kg/mm <sup>2</sup> de resistencia	Acero aleado 60 .....80 kg/mm <sup>2</sup> de resistencia	Acero aleado hasta 100 kg/mm <sup>2</sup> de resistencia	Fundición gris semidura	Latón y bronce rojo	Metales ligeros
Fresado con fresa cilíndrica	12	10	8	22	30	60
Fresado con fresa frontal	15	12	10	28	40	75

Fuente: (GERLING, 2002)

3.2.8 *Presión de corte.*- Establece que la fuerza de corte es directamente proporcional a la sección de la viruta deformada por una constante de proporcionalidad  $K_s$ , llamada presión de corte, todo esto se desarrolla mediante la ecuación (6).

$$F_c = K_s * S_v \quad (6)$$

Donde:

- $F_c$  = presión de corte.
- $K_s$  = constante de proporcionalidad.

Para lo siguiente necesitamos los elementos de  $K_s$ , lo cual se indica en la ecuación (7).

$$K_s = K_{s0} * e^{-z} \quad (7)$$

$$e = \left( \frac{s'}{z * N} \right) * \left( \sqrt{\frac{a}{b}} \right) \quad (8)$$

$A_c$  = Área de corte o sección de viruta ( $S_v$ ).

En la tabla 5 se obtienen valores de presión específica de corte referenciales de  $K_{s0}$  y  $z$ , de acuerdo al material a trabajar.

Tabla 5. Valores de presión de corte

MATERIAL	$k_{s0}$ da N/mm <sup>2</sup>	z
Cobre	78	0.3
Bronce	124	0.3
Latón	54	0.3
Plásticos	19	0.3

Fuente: (KALPAKJIAN & SCHMID, 2013)

### 3.2.9 Cálculos

Datos:

- Material: Plástico (Baquelita).

- D = Diámetro de la fresa: 3 mm.
- b = ancho de la fresa = 3 mm.
- Z = Número de dientes = 2.
- Vc = Velocidad de corte de acuerdo a la tabla 1 = 100 m/min.
- Sz = 0,2 mm se escoge de la tabla 1 por ser plástico.
- a = 2 mm de acuerdo a la tabla 2
- V' = 75 cm<sup>3</sup>/KW \* min según lo indica la tabla 3.
- Cálculo de la velocidad de corte:

$$N = \frac{V_c * 1000'}{\pi * d} = \frac{50 * 1000}{\pi * 3} = 5305,16 \text{ R.P.M.} \quad (9)$$

Cálculo de la velocidad de avance:

$$s' = S_z * z * N = 0,04 * 2 * 5305,16 = 424,41 \frac{\text{mm}}{\text{min}} \quad (10)$$

Cálculo de la sección de viruta:

$$S_v = a * S_z = 2 * 0,04 = 0,08 \text{ mm}^2 \quad (11)$$

Cálculo de la cantidad máxima admisible de viruta:

$$V = \frac{a * b * s'}{1000} = \frac{2 * 3 * 424,41}{1000} = 2,54 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (12)$$

Cálculo de la potencia del husillo:

$$P = \frac{V}{V'} = \frac{2,54}{75} = 0,034 \text{ KW} \quad (13)$$

$\approx 34 \text{ W}$

En el mercado no existen maquinas con husillos de 34 W, por lo que se debe subir al inmediato superior que sería de 35 W o superior a este valor.

### 3.2.10 Cálculo de la fuerza de corte.

$$e = \left( \frac{s'}{z * N} \right) * \left( \sqrt{\frac{a}{b}} \right) = \left( \frac{424,41}{2 * 5305,16} \right) * \left( \sqrt{\frac{2}{3}} \right) = 0,033 \text{ mm} \quad (15)$$

$$Ks = K_{s0} * e^{-z} = \left( 19 \frac{N}{\text{mm}^2} \right) * (0,033)^{-0,3} = 52,87 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad (16)$$

$$Fc = Ks * Sv = \left( 52,87 \frac{N}{\text{mm}^2} \right) * (0,08 \text{ mm}^2) = 4.23 \text{ N} \quad (17)$$

## 3.3 Variables del diseño.

**3.3.1 Costo de la máquina.-** Mediante el proceso a realizar y numero de ejes que tenga la máquina, se determinara el costo de la maquina CNC, teniendo en cuenta que existen máquinas manufacturadas y nuevas, esto ya varía dependiendo de la necesidad de la empresa.

**3.3.2 Necesidad de aprendizaje.-** Es necesario que los estudiantes complemente lo aprendido en las aulas, con las máquinas CNC didácticas que se está implementando el laboratorio de CAD – CAM de la Facultad, ya que, si se mecaniza directamente en las máquinas de proceso industrial, podrían dañarlas y así causar una pérdida económica para la institución al momento de ejecutar la reparación.

**3.3.3 Tiempo empleado.-** El tiempo de mecanización varía dependiendo del tipo de material a mecanizar, velocidad de avance, torque, el tipo de herramienta y la calidad que se espera al final del proceso.

## 3.4 Diseño del equipo.

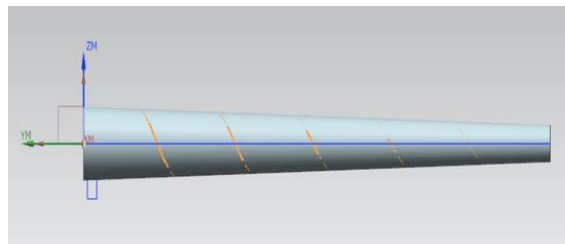
Para el diseño del equipo se tomará en cuenta algunos aspectos, los cuales son muy necesarios al momento de realizar el modelado del producto.

3.4.1 *La forma del movimiento de la máquina.*- La máquina router CNC tiene la capacidad de movimiento de 4 ejes X, Y, Z y un cuarto eje denominado A.

3.4.2 *Ejes que se utilizaran para el mecanizado.*-Para la mecanización del tornillo sin fin cónico, se utilizarán los ejes Z, Y y A, en donde el eje Z es aquel que alberga la herramienta y la conicidad al tornillo, además depende del número de revoluciones para un perfecto acabado superficial, el eje Y es aquel que da el avance de mecanización, y el eje A es aquel que proporciona el giro y a su vez hace el funcionamiento de un mandril, el mismo que aloja el material a mecanizar.

3.4.3 *Diseño de la pieza en software CAD.*-La pieza se ha diseñado en siemens NX que es un software completo que nos permite dibujar la pieza, simular la mecanización y brindar la codificación G, para poder mecanizar en cualquier centro de mecanizado con previa configuración del usuario.

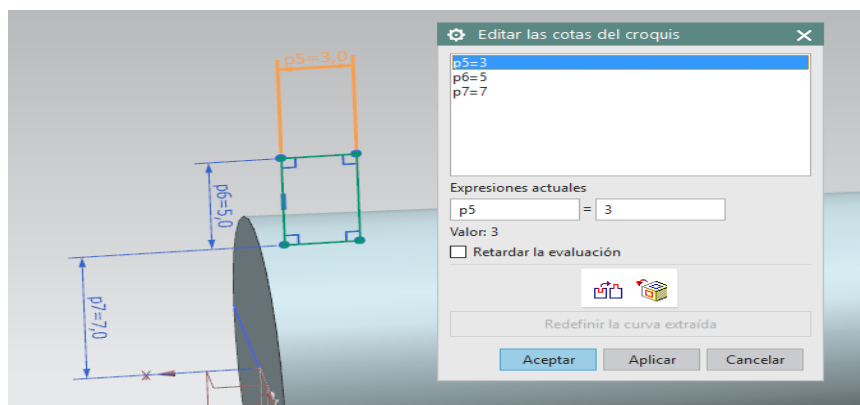
Figura 7. Cono simple



Fuente. Autores

En la figura 7, se puede observar el principio o la base para diseñar el tornillo sin fin cónico o transportador helicoidal, teniendo en cuenta que es un prototipo.

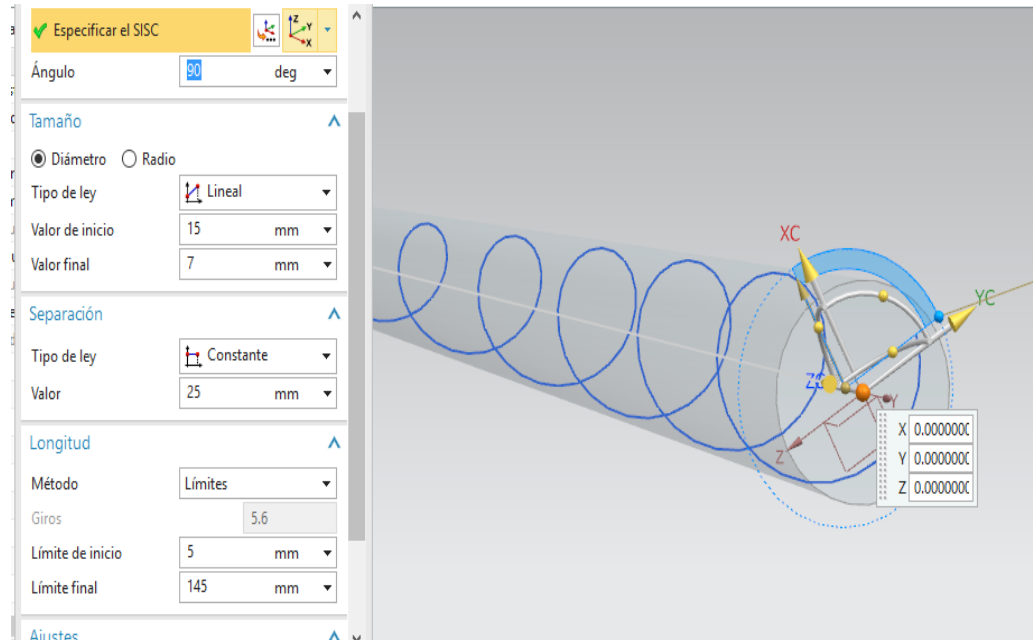
Figura 8. Parámetro de diseño de la hélice



Fuente: Autores

En la figura 8. Se observa los parámetros de construcción del diente que dará forma el tornillo sin fin al momento de realizar el barrido en la hélice.

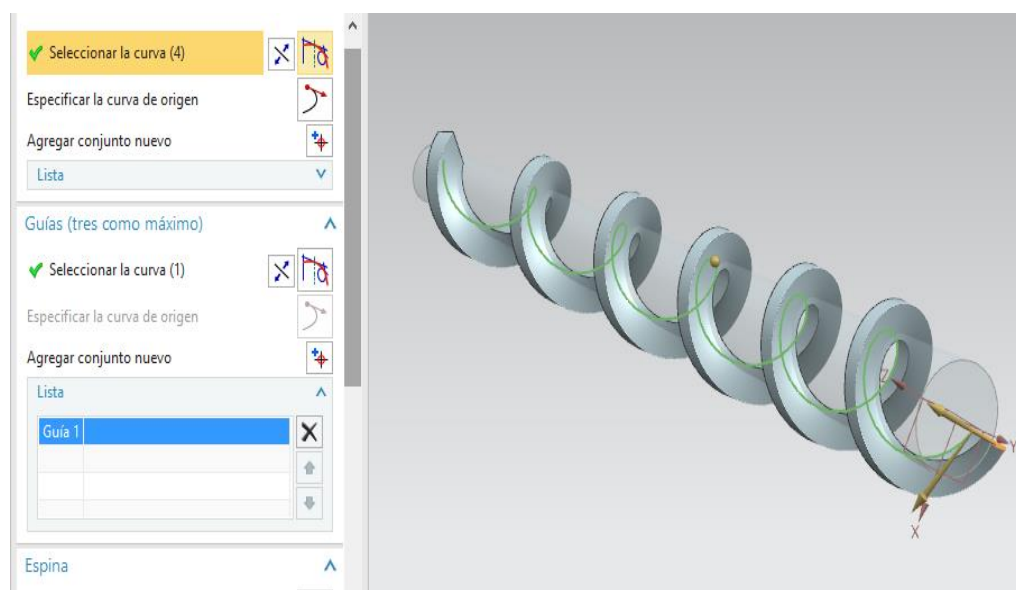
Figura 9. Hélice a seguir el barrido del diente



Fuente: Autores

En la figura 9. Se observa la hélice ya construida, con todos sus pasos y diámetros, teniendo en cuenta que tiene conicidad, en la cual se va a realizar el barrido del diente para construir el tornillo

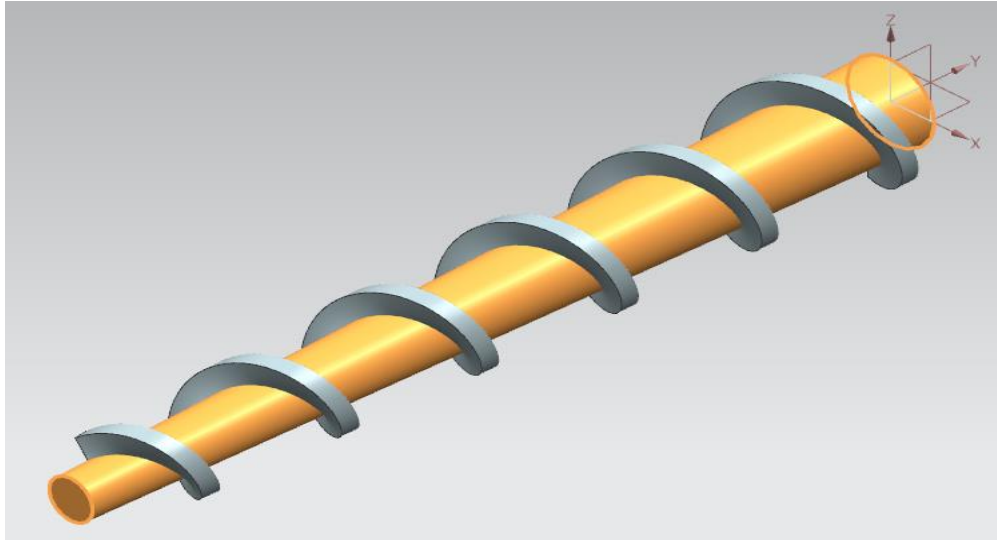
Figura 10. Construcción de la hélice



Fuente: Autores

Como se observa en la figura 10. Se realiza el barrido del diente tomando como guía la hélice que se construyó en la figura 9, siendo este el último paso para la culminación del modelado de un tornillo sin fin cónico,

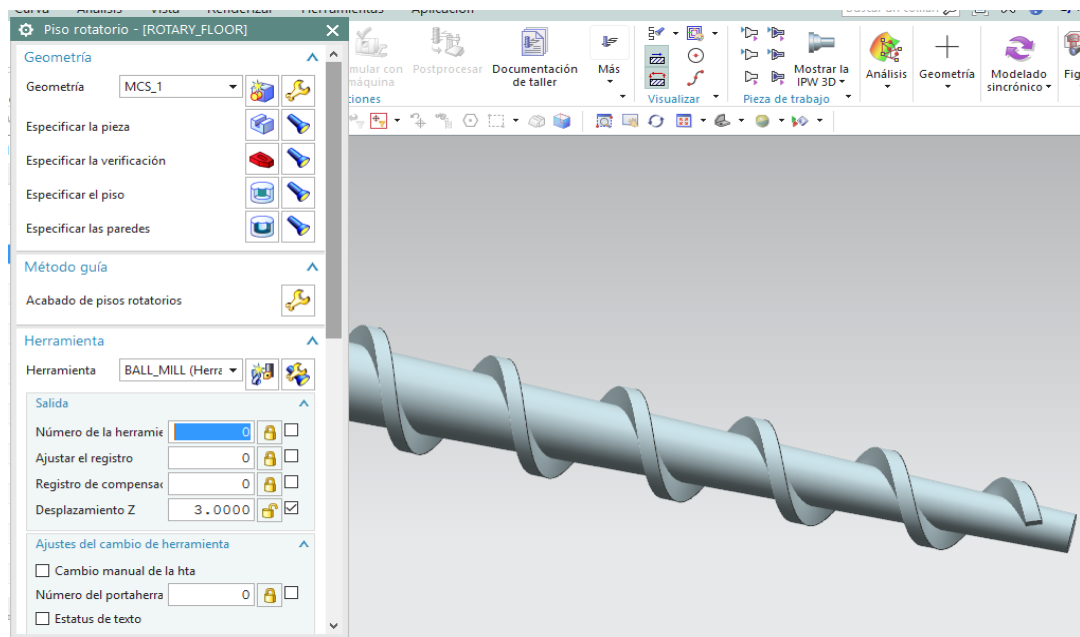
Figura 11. Pieza terminada



Fuente: Autores

En la figura 11. Se muestra el tornillo modelado en su totalidad, siendo el siguiente paso la obtención del código mediante la parte CAM.

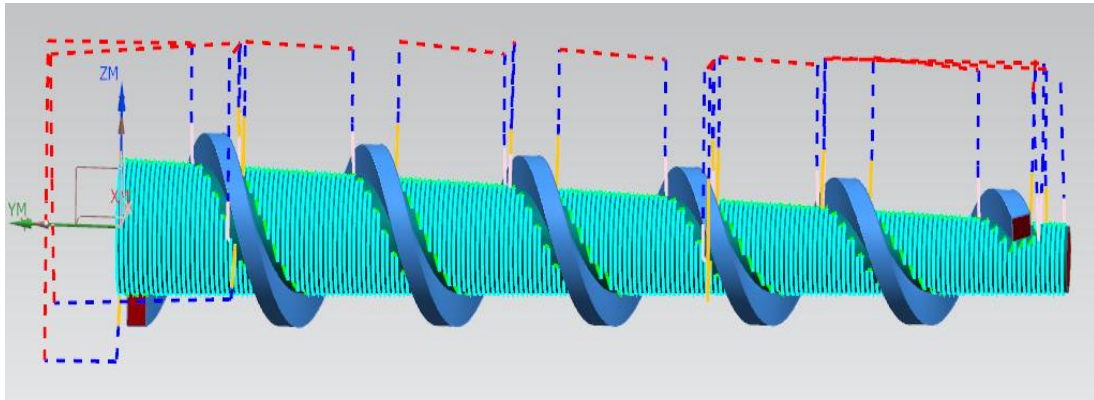
Figura 12. Modelado CAM



Fuente: Autores

En la figura 12. Se observa la parte CAM del tornillo sinfín cónico, el mismo que se realiza en el mismo software, en la parte de manufacturing, siendo la parte más importante para la obtención los códigos G, estos códigos de programación G serán editados según las especificaciones de la máquina, los cuales se insertarán en mach3 para la construcción de la pieza mediante la máquina CNC.

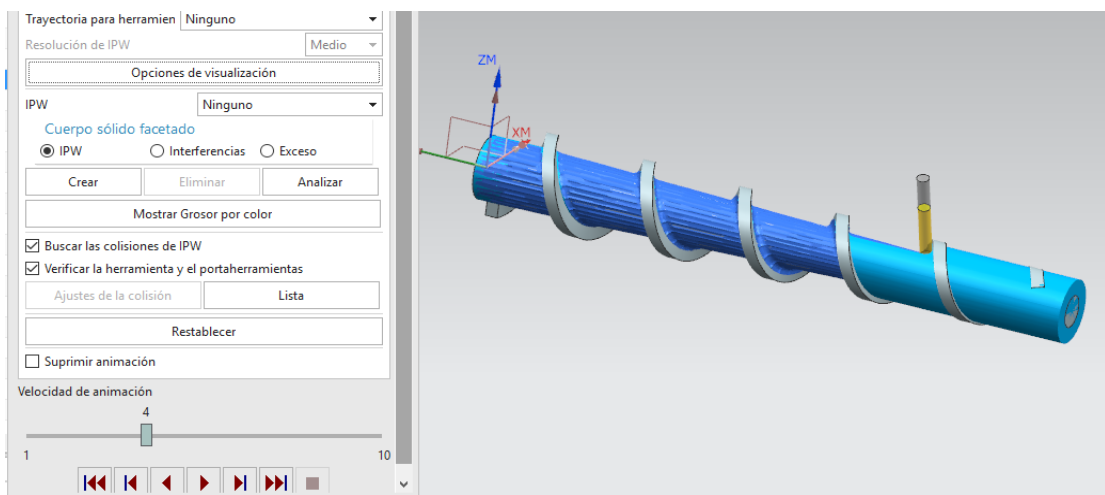
Figura 13. Trayectoria de mecanizado



Fuente: Autores

En la figura 13, muestra la trayectoria que realizara la herramienta mecanizando el tornillo sinfín cónico.

Figura 14. Simulación de mecanización



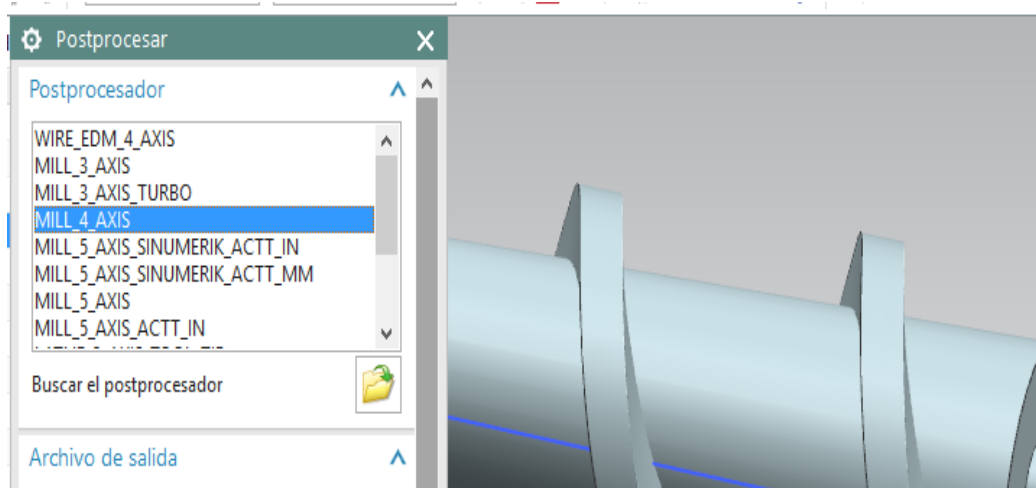
Fuente. Autores

En la figura 14. Se muestra la simulación de fresado, esto se realiza para visualizar como va mecanizando la herramienta, en este caso una fresa circular de 3 mm de diámetro previamente seleccionada.



Una vez realizada esta simulación, se procede a postprocesar, para que arroje la codificación G, para la mecanización

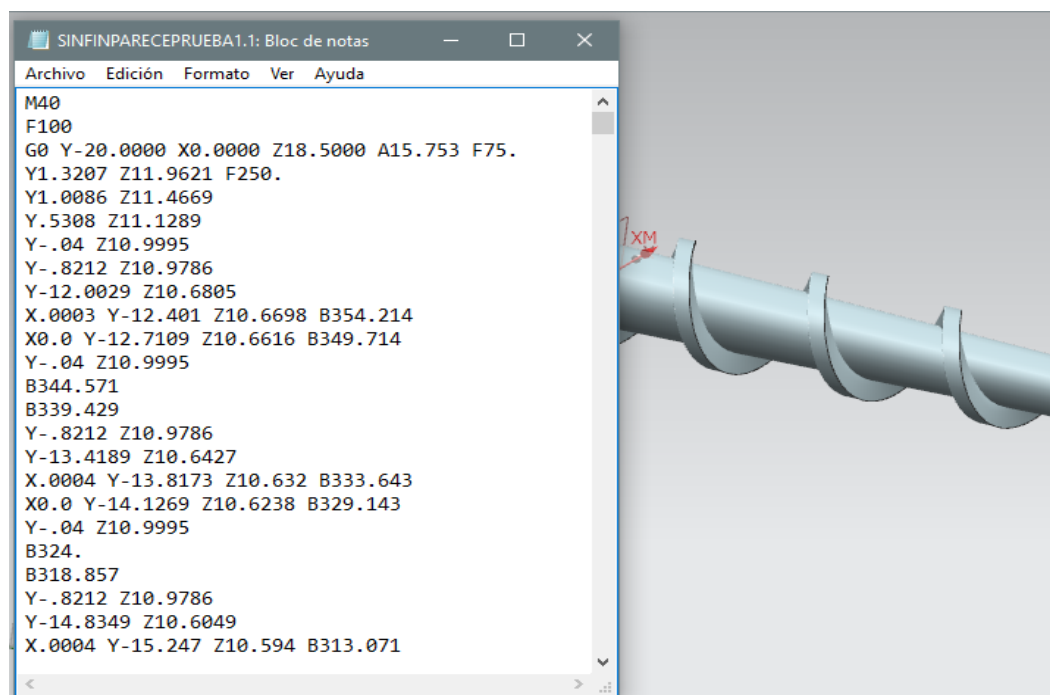
Figura 15. Selección del postprocesador.



Fuente: Autores

En la figura 15. Se puede seleccionar el postprocesador dependiendo de los ejes a utilizar en la mecanización, este software NX brinda la posibilidad de trabajar de 2 a 5 ejes, siendo una herramienta muy importante para procesos de manufactura.

Figura 16. Obtención de códigos G



Fuente: Autores

En la figura 16. Muestra la obtención de los códigos, los mismos que serán utilizados para mecanizar el tornillo sin fin cónico, en caso de existir algún error se puede editar, ya que el archivo en el cual arroja los códigos, es en .txt, es decir en bloc de notas.

### 3.5 Construcción del equipo.

Para la construcción del tornillo sin fin cónico, se realiza mediante una maquina CNC didáctica de 4 ejes 3040T-DJ, que a su vez es una máquina para realizar grabados en 3 dimensiones, con la diferencia que se puede añadir un cuarto eje para realizar prototipos como el de un tornillo.

A continuación, se detalla las características generales de la maquina 3040T-DJ, para tener como referencias, aquellas especificaciones para poder realizar cualquier tipo de trabajos con este ejemplo de máquinas didácticas.

Tabla 6. Especificaciones técnicas

Dimensiones de la máquina:	525x400x370 mm
Material del estante:	6061 y 6063 Aleación de aluminio duro (Los perfiles exclusivos y dedicados de extrusión del molde, permiten enmascarar falsificadores.)
Área de grabado:	300x200 mm
Eje del eje Z:	45 mm, la profundidad de grabado depende de la longitud del borde de la herramienta)
Grosor del material aceptable:	≤60mm
Tipo de carril:	Eje cromado + rodamientos lineales,) (Endurecimiento superficial 61HRC)
Tipo de tornillo:	1204 Rosca doble Tornillo trapezoidal
Motor del husillo:	230W / 11000r / min ((Muy pequeño ruido))
Tipo de pinza:	ER11,1 / 8 "(3.175mm) Coronilla
Motor paso a paso y accionamiento:	Motor paso a paso híbrido bifásico, 1.8A / PHASE, 40N.cm, 8 segmentos a manejar.
Velocidad máxima de funcionamiento:	4000mm / min (velocidad de grabado: 3003000mm / min)
Repetir posicionamiento Exacto:	0.04 mm
Interface de comunicación:	Puerto paralelo (Debe utilizar la computadora de escritorio, No admite portátiles)
Compatibilidad del software:	Mach3 / Emc2 / Kcam, (Tipo3, Wentai, ArtCAM, coppercam)
Código de comando:	Código G / .nc / .ncc / .tab / .txt
Peso de la máquina:	22 Kg

Fuente: CNC engraving machine, USER GUIDE, for 3040td-j

Una vez expuesto las especificaciones técnicas de la maquina 3040T-DJ, se procede a instalar el software mach3 en el ordenador para las respectivas configuraciones de los motores y control total de la maquina mediante mach3.

*3.5.1 Tipo de controlador.*-Estas máquinas no tienen un controlador propio, a contrario son seteadas por ordenador, es decir, en el ordenador se instala un software que pueda controlar la máquina, haciendo la función de un controlador en una CNC; Este tipo de software que puede instalarse en el ordenador para poder controlar la maquina didáctica puede ser: Mach3, Emc2, Kcam, (Tipo3, Wentai, ArtCAM, coppercam).

Para este caso se utiliza software Mach 3, ya que viene incluido con la máquina, además es muy fácil en el procedimiento de instalación y configuración, para tener comunicación entre el ordenador y la máquina, a continuación, se explica cómo se instala el software.

Mach3 es un paquete de software que corre sobre una computadora y lo vuelve en un controlador de máquina muy poderoso y económico para reemplazar (3). Para correr Mach3 se necesita Windows XP (o Windows 2000) idealmente corriendo en un procesador de 1GHz con una resolución de pantalla de 1024 x 768 pixeles.

Una máquina de escritorio dará mucho mejor performance que la mayor parte de los ordenadores portátiles pequeños y es considerablemente más barato. Usted puede usar, por supuesto, esta computadora para cualquier otra función en el taller (tal como (1) en la figura 18 - correr un CAD/CAM) cuando no es necesaria su máquina. Mach3 se comunica principalmente por uno u opcionalmente dos puertos paralelos (de impresora) y, si lo desea por un puerto serial (COM).

Los Drives de los motores de los ejes de su máquina deben aceptar una señal de pulsos de paso y de dirección. Virtualmente todos los Drives de motores de paso a paso trabajan así, como lo hacen los modernos sistemas de motores servo DC y AC con codificadores digitales. Tenga cuidado si usted está convirtiendo un NC viejo cuyos servos pueden usar revolutores para medir la posición de los ejes por lo que usted tendrá que proporcionar un completo nueva Drive para cada eje.

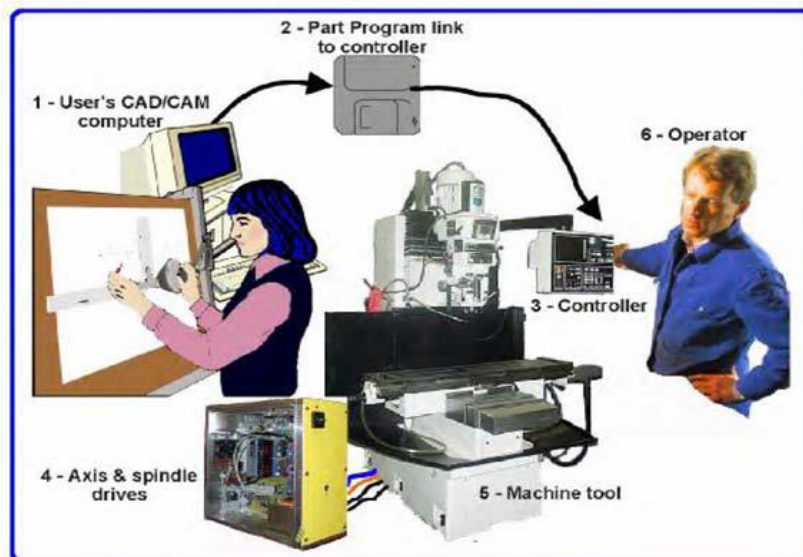
Mach3 es distribuido por ArtSoft Corp. por Internet. Usted descarga el paquete como un

archivo autoinstalable (que, en la presente release, es de alrededor de 6 megabytes). Este se ejecuta por un período ilimitado como una versión de demostración con unas cuantas limitaciones en la velocidad, el tamaño de trabajo que puede encarar y características especiales soportadas. Cuando compra una licencia puede "desbloquear" la versión de demostración que usted ha instalado y configurado. Los detalles completos de precios y opciones están en el sitio Web de ArtSoft Corporation. (MACHSUPPORT, 2013)

Descargue el paquete de [www.artofcnc.ca](http://www.artofcnc.ca) usando el botón derecho del ratón y grabar destino como... para poner el archivo autoinstalable en cualquier directorio de trabajo (tal vez Windows\Temp). Usted debe entrar a Windows como administrador.

Cuando el archivo se ha descargado pueda ser inmediatamente ejecutado usando el botón abrir en el diálogo de descarga o este diálogo pueda ser cerrado para una instalación posterior. Cuando quiera realizar la instalación ejecute el archivo descargado. Por ejemplo, podría ejecutar el explorador de Windows (dar un click con el botón secundario del ratón sobre el botón Inicio), y doble click sobre el archivo descargado en el directorio de trabajo.

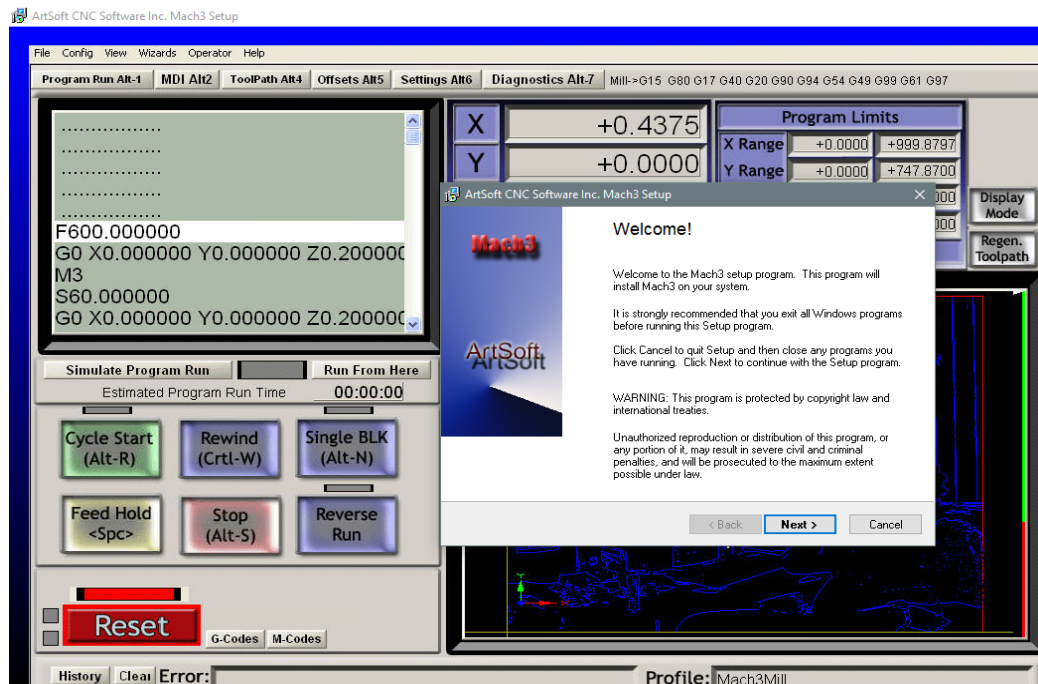
Figura 17. Inicio de instalación de software



Fuente: Autores

Además, mach3 es un software compatible con Windows XP o Linux, para lo cual conjuntamente de contar con estos sistemas operativos, se debe contar con un ordenador de escritorio, y no, con un ordenador portátil.

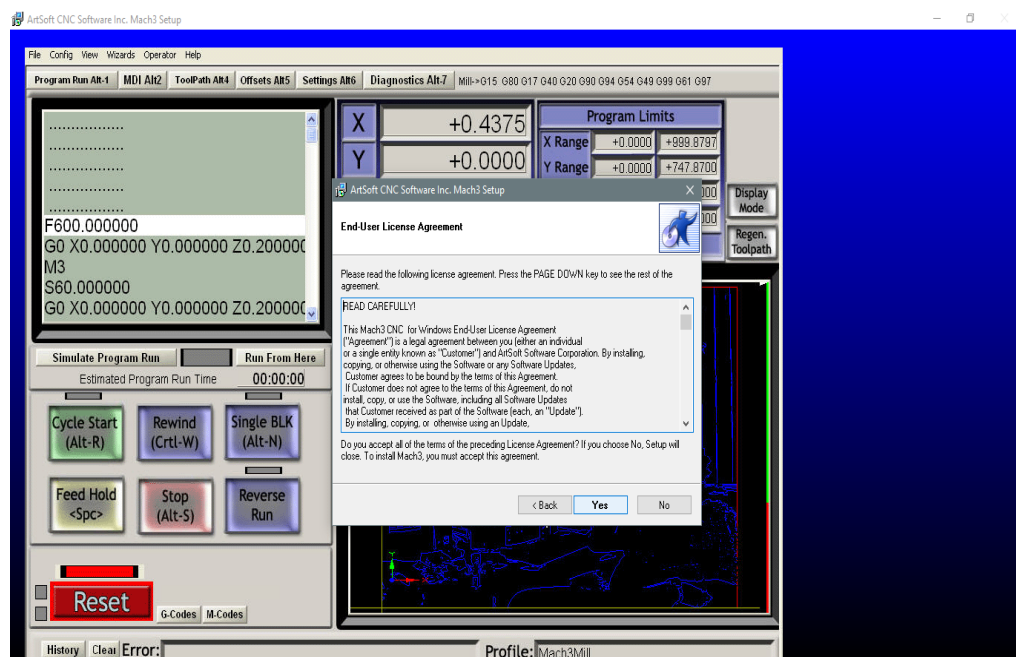
Figura 18. Proceso de instalación de mach 3



Fuente: Autores

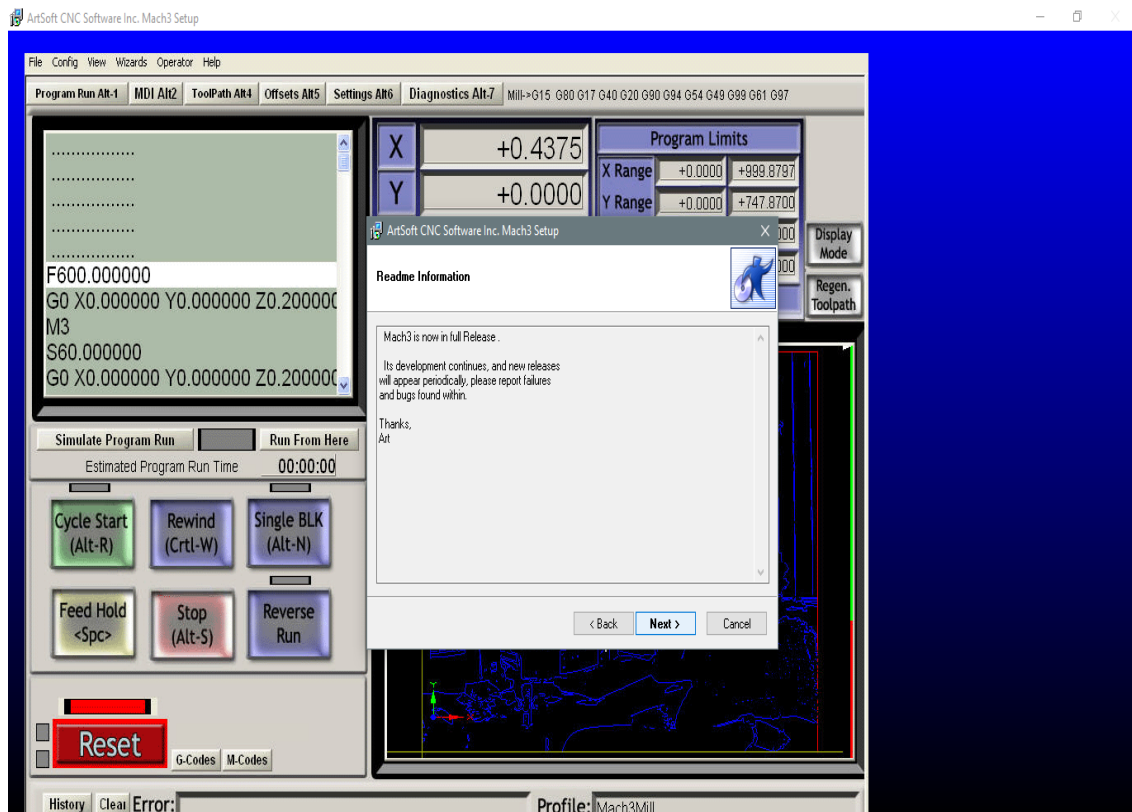
En la figura 18, se muestra el primer paso para comenzar la instalación del software mach 3, el cual su proceso de instalación idéntico al de cualquier software, además se debe tener en cuenta las características del ordenador.

Figura 19. Segundo paso de instalación



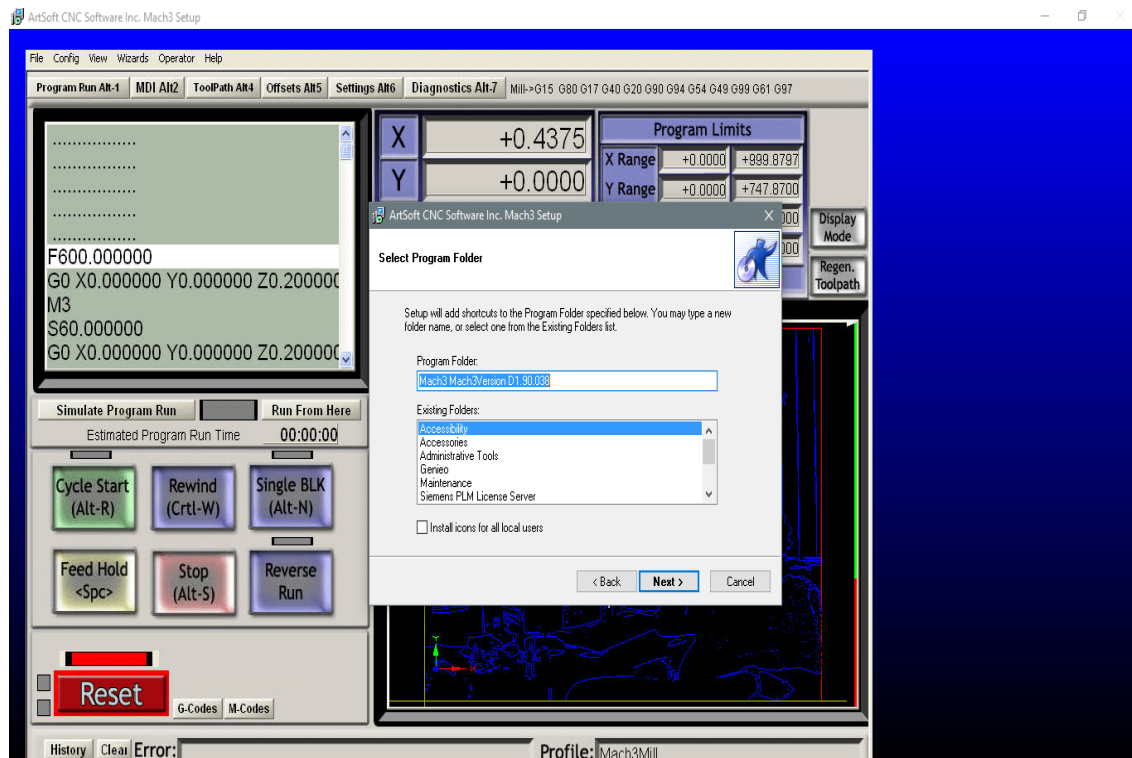
Fuente: Autores

Figura 20. Tercer paso para instalación



Fuente: Autores

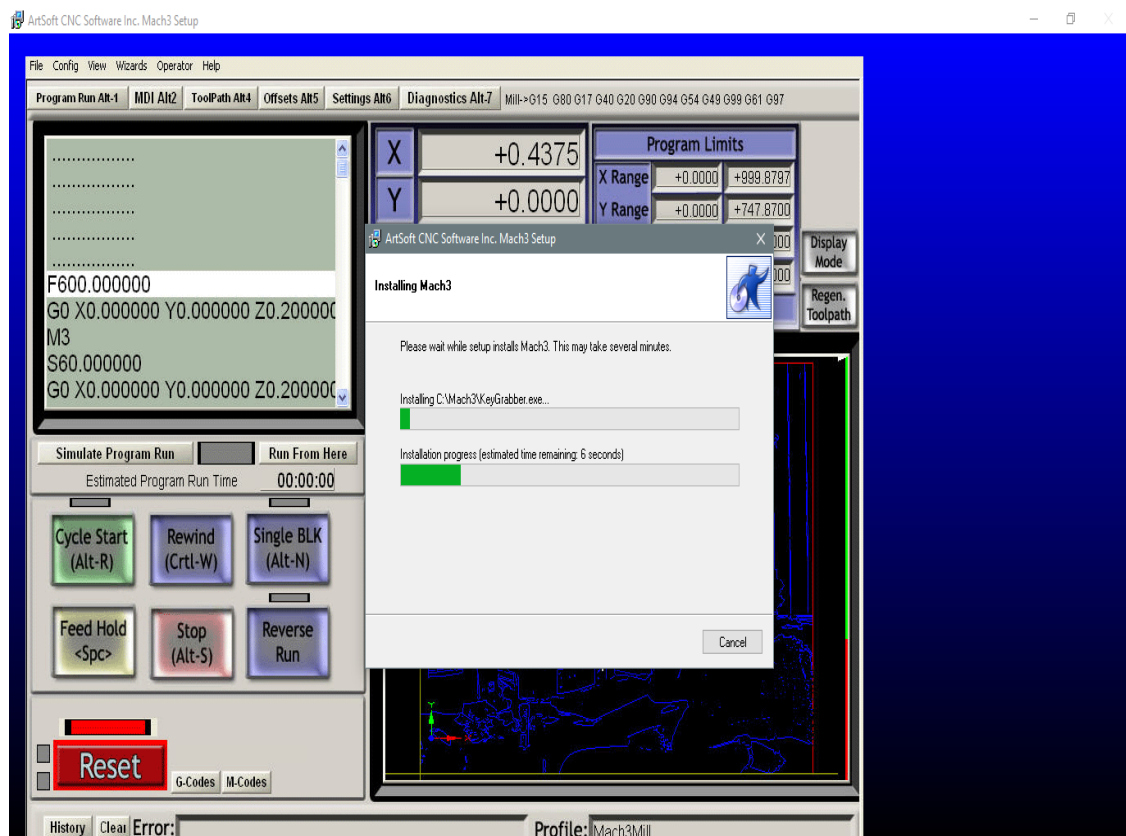
Figura 21. Cuarto paso de instalación.



Fuente: Autores

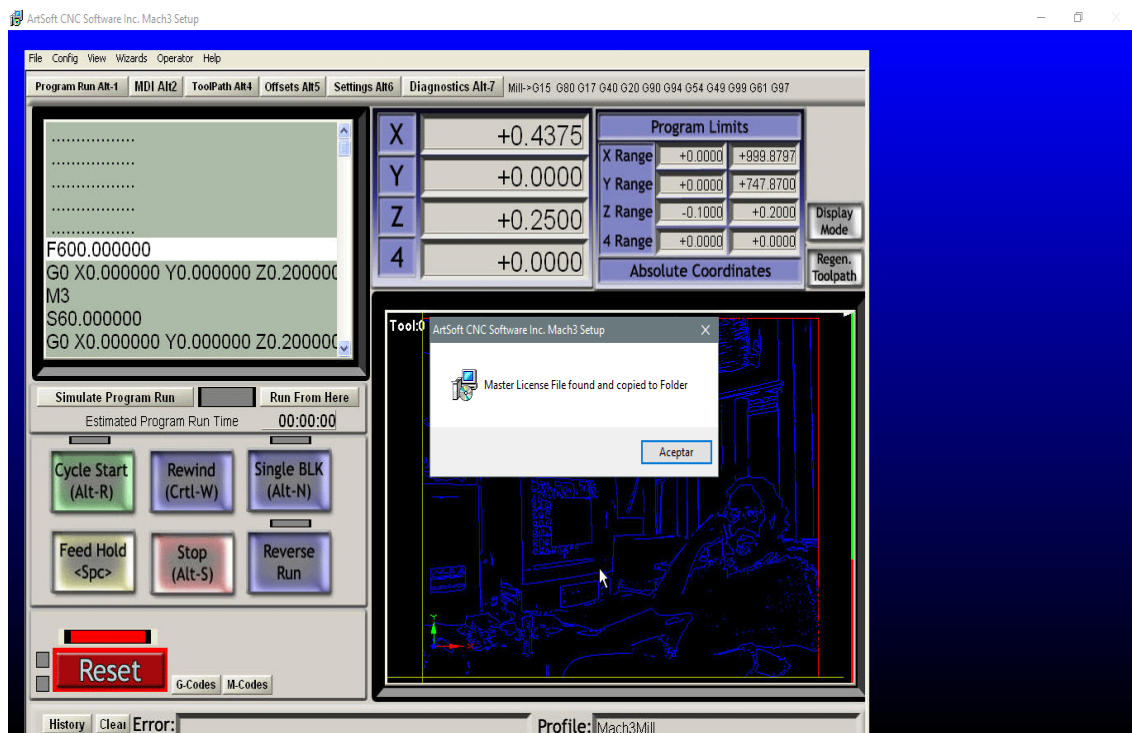


Figura 22. Quinto paso de instalación



Fuente: Autores

Figura 23. Sexto paso de instalación



Fuente: Autores

En la figura 23, ya se ha completado el proceso de instalación de mach3, a continuación, se procede a abrir.

No necesita una máquina-herramienta conectada todavía. Si usted está empezando en esto, podría ser mejor no tener una conectada. Anote donde el cable o los cables de la máquina-herramienta son conectados en su pc. Desconecte la pc, la máquina-herramienta, sus Drives y desconecte el conector de 25 pines de la parte posterior de la pc. Ahora encienda la PC.

Cuando ejecute el archivo descargado será guiado a través de los pasos de instalación usuales para Windows tales como: aceptación de las condiciones de la licencia y escoger la carpeta en donde se instalará Mach3. En la ventana de diálogo de finalización de la instalación debería asegurarse que las casillas de verificación "Load Mach3 Driver" e "Install English Wizards" estén tildadas para luego hacer clic en Finalizar. Ahora será se le avisará que deberá reiniciar la PC antes de ejecutar cualquier programa de Mach3.

Estos reinicios son vitales. Si usted no hace esto entonces podrá tener grandes dificultades que sólo podrán superarse usando el Panel de Control de Windows para desinstalar el driver manualmente. Así por favor reinicie su PC ahora. Si usted está interesado en saber por qué son requeridos los reinicios prosiga leyendo entonces, sino pase a la próxima sección.

Aunque Mach3 parecerá ser un programa sencillo cuando lo esté usando, en realidad consiste de tres partes: un driver que es instalado como parte de Windows (como un driver de impresora o de red, una interfaz de gráfica de usuario (GUI) y un OCX que acepta enviar y recibir mensajes GUI. Las razones para tener tres partes son complejas (por ejemplo, es posible a los expertos escribir sus propios programas que controlarán a Mach3 sin su (GUI) pero el driver es la parte más importante e ingeniosa.

Mach3 debe ser capaz de enviar muy exactamente las señales de control a los ejes de la máquina herramienta. Windows carga y ejecuta programas normales de usuario cuando no tiene nada mejor para hacerse. Así Mach3 no es un "programa normal de usuario"; éste debe estar al nivel más bajo dentro Windows (esto es el manejo de interrupciones). Además, para hacer esto se requiere posiblemente alta velocidad (cada eje puede requerir



atención 45.000 veces por segundo), el driver necesita sintonizar su propio código. Windows no permite esto (este es un truco que juegan los virus) así ello se tiene que solicitar un permiso especial. Este proceso requiere los reinicios de PC. Así si usted no ha realizado los reinicios solicitados entonces Windows puede presentar la pantalla azul de muerte y el driver puede ser corrompido. La única salida de esto será desinstalar manualmente el driver.

Haber dado estas advertencias, es única forma de decir que los reinicios se requieren sólo cuando el driver se instala por primera vez. Si actualiza su sistema con una nueva versión, entonces los reinicios no son vitales. La instalación puede sin embargo todavía preguntar si usted desea hacerlo. Windows XP reinicia razonablemente rápido razón por la cual no se pierde mucho en hacerlo cada vez.

Mach3 es un programa muy flexible diseñado para controlar máquinas como las fresadoras (y aunque no se describen aquí, máquinas de torneado). Las características de estas máquinas usadas por Mach3 son:

- Algunos controles de usuario. Un botón de parada de emergencia (Stop) debe ser provisto a cada máquina
- Dos o tres ejes que están en ángulo recto entre ellos (citados como X, Y y Z)
- Una herramienta con movimiento relativo a una pieza de trabajo. El origen de los ejes es fijado en relación con la pieza de trabajo. El movimiento relativo puede ser (i) el movimiento de la herramienta (e.g. la púa de una fresadora mueve la herramienta en la dirección de Z o una herramienta de torno montada sobre deslizado en cruz y una montura mueve la herramienta en las direcciones de X y Z) o (ii) por el movimiento de la mesa y la pieza de trabajo (e.g. en una fresadora del tipo de rodilla la mesa se mueve en las direcciones X, Y y Z).

Y opcionalmente:

- Algunos interruptores que dicen cuando la herramienta está en la posición de inicio "Home"

- Algunos interruptores que definen los límites de movimiento relativo permitido de la herramienta.
- Un husillo (Spindle) controlado. El husillo podría hacer girar la herramienta (agujereado) o la pieza de trabajo (torno).
- Hasta tres ejes adicionales. Éstos pueden ser definidos como rotativo (e.g. su movimiento es medido en grados) o lineal. Uno de los ejes lineales adicionales puede ser puesto como esclavo de los ejes X o Y o Z. Los dos se moverán en conjunto todo el tiempo en respuesta a unos movimientos del programa, pero ellos serán referenciados separadamente. (ver configurando ejes esclavos (Configuring slaved axes) para más detalles).
- Un interruptor o interruptores que enlazan los dispositivos de protección en la máquina
- Controles para el enfriador (líquido y/o niebla)
- Una sonda en el sujetador de la herramienta que permite la digitalización de una parte existente
- Codificadores, como “Linear glass scale”, que puedan mostrar la posición de las partes de la máquina
- Funciones especiales.

La mayor parte de las conexiones entre su máquina y la PC, mientras se ejecuta Mach3, son hechas a través del puerto paralelo (impresora) de la computadora. Una máquina simple necesitará sólo un puerto; una compleja necesita dos.

Las conexiones pueden hacerse también por un emulador de teclado que genera la presión de pseudo teclas en respuesta a señales de entrada. El control de funciones especiales como una pantalla por cristal líquido (Display), un cambiador de herramientas, grapas de eje o un conductor de virutas pueden ser hechas a través de un dispositivo ModBus (e.g. un PLC o un controlador Homann Designs ModIO). Los botones pueden ser entrelazados por un emulador de teclado que genera la presión de pseudo teclas en respuesta a señales de entrada.

Mach3 controlará los seis ejes, coordinando sus movimientos simultáneos con interpolación lineal o ejecutando interpolación circular en dos ejes (no los ejes X, Y o Z) mientras que simultáneamente realiza interpolación lineal de los otros cuatro con el ángulo siendo barrido por la interpolación circular. Así la herramienta puede moverse en un camino helicoidal si es requerido.

La tasa de avance durante estos movimientos es mantenida en el valor pedido por su programa, sujeto a limitaciones de aceleración y velocidad máxima de los ejes. Puede mover los ejes con varios controles manuales.

Si el mecanismo de su máquina se parece al brazo de un robot o un hexápodo entonces Mach3 no será capaz de controlarlo debido a los cálculos cinemáticos que necesitaría realizar para posicionar la herramienta en las coordenadas X, Y y Z relativas a la longitud y rotación de los brazos de máquina.

Mach3 puede encender el husillo, hacerlo girar en alguna dirección, y puede apagarlo. Puede controlar también la velocidad de giro (rpm) y controlar su posición angular para operaciones como cortar filetes de rosca. Mach3 puede encender y apagar los dos tipos de enfriadores.

Mach3 controlará la Stop y puede tomar nota de la operación de los interruptores de referencia, de los enlaces de protección y de los interruptores de límite. Mach3 almacenará las propiedades de hasta 256 herramientas diferentes. Sin embargo, si su máquina tiene un cambiador automático de herramienta o un almacén de herramientas entonces tendrá que controlarlo usted mismo.

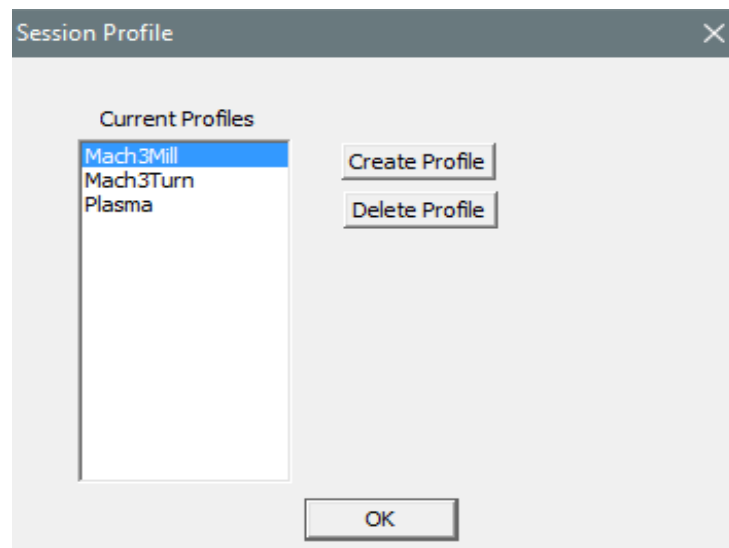
Cada máquina-herramienta debe tener uno o más botones de parada de emergencia (EStop); normalmente con una cabeza de hongo roja y grande. Deben ajustarse de modo que usted pueda alcanzarla fácilmente desde donde pueda estar cuando esté haciendo funcionar la máquina. Cada botón EStop debería parar rápidamente toda actividad en la máquina con seguridad; el husillo debe parar de girar y los ejes deben dejar de moverse.

Esto debe suceder sin depender del software – estamos hablando de relés y contactores. El circuito debe decirle a Mach3 lo que ha hecho y hay una entrada especial, forzosa para

esto. Generalmente esto no tiene la bondad de cortar el suministro eléctrico (220v/110v) en una EStop porque la energía almacenada en los capacitores DC (corriente continua) pueden permitir que los motores continúen moviéndose por un tiempo considerable. La máquina no debe ser capaz de arrancar de nuevo hasta que el botón de reiniciar (Reset) sea apretado.

Si el botón EStop bloquea cuando es presionado, entonces la máquina no debe arrancar cuando se lo deja de presionar. Esto hará que no sea posible continuar trabajando una pieza después de haber presionado un EStop, pero usted y la máquina puede que estén a salvo.

Figura 24. Ejecución del programa.

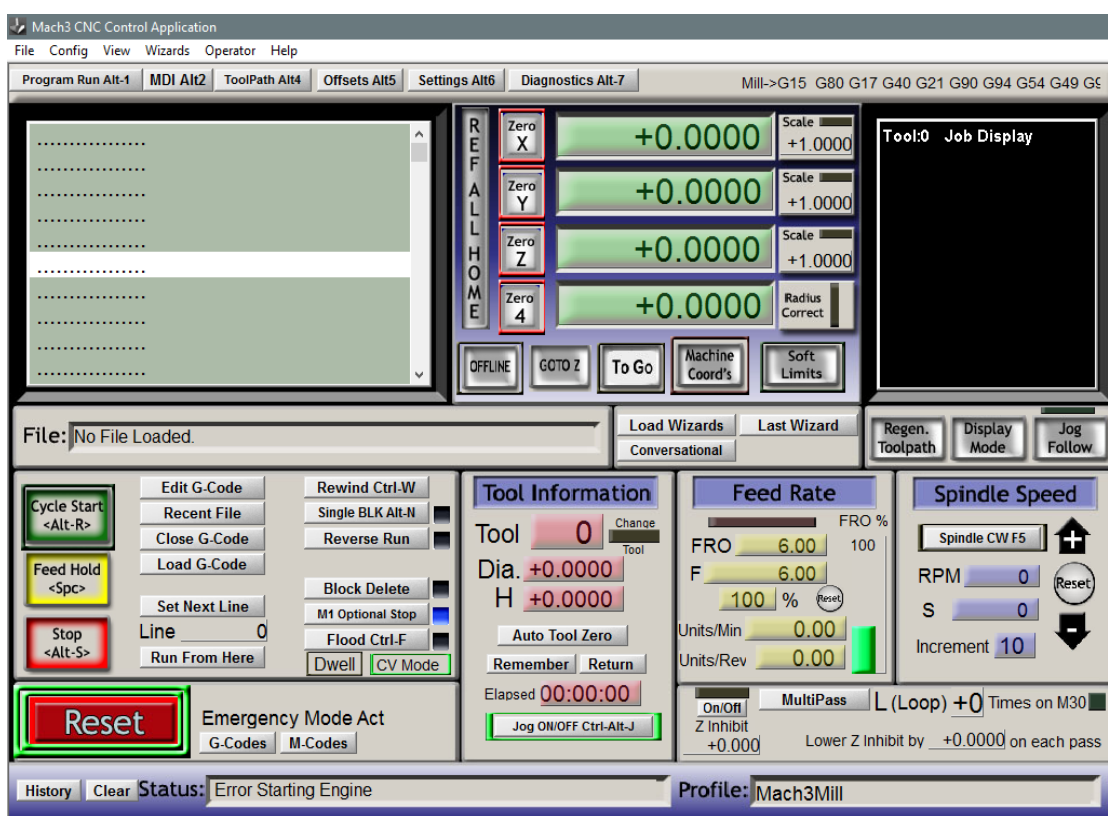


Fuente: Autores

El asistente de instalación habrá creado iconos en el escritorio para los programas principales. Mach3.exe es el código de interfaz de usuario real. Si usted lo ejecuta, le preguntará que perfil desea usar. Mach3Mill, Mach3Turn, etc. son los atajos que ejecutan este con un perfil definido por un argumento "/p" en el objetivo de atajo. Usted puede normalmente utilizar éstos para ejecutar el programa que desea.

Es ahora conveniente colocar ciertos iconos de atajos en el escritorio de otros programas de Mach3. Abra el explorador de Windows y ubique el archivo "DriverTest.exe" y haga un clic sobre el con el botón secundario del ratón y envíelo al escritorio. Repita esto para el archivo KeyGrabber.exe.

Figura 25. Programa mach 3



Fuente: Autores

En la figura 25 se puede observar el programa de mach 3 instalado y listo para configurar la comunicación entre el ordenador y la máquina.

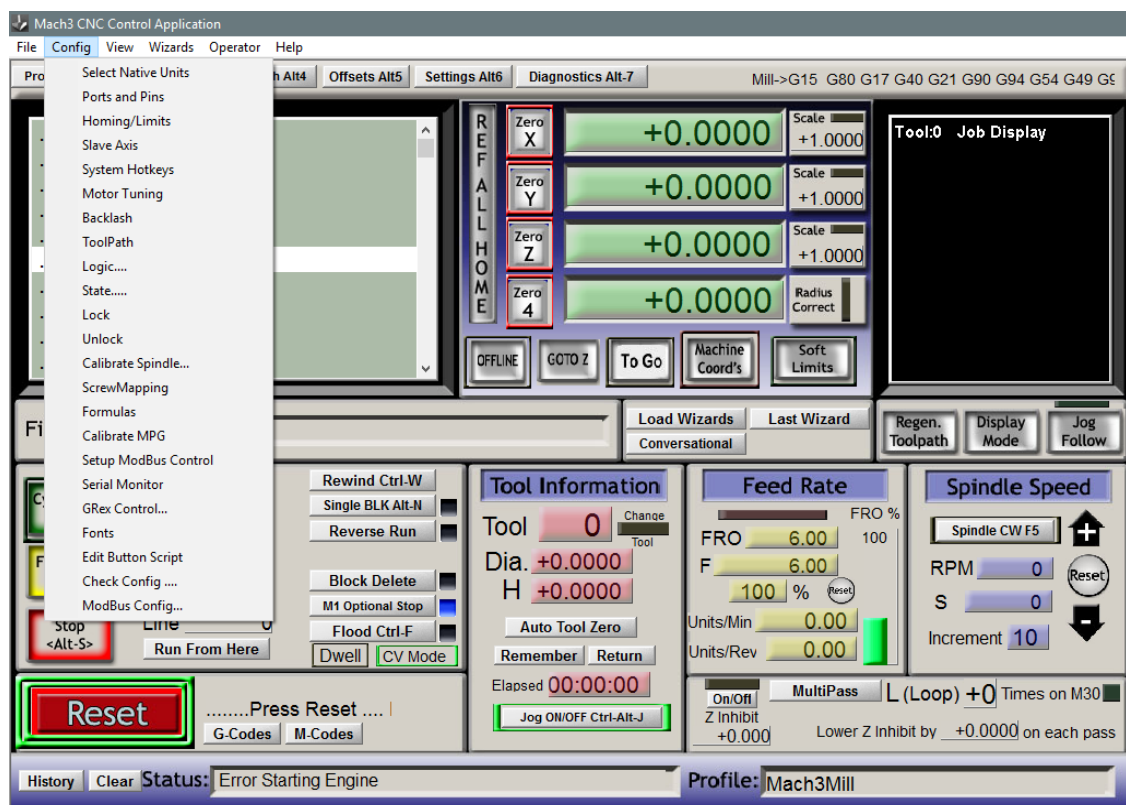
Ahora está listo para someter a prueba una "práctica" de Mach3. Esto le mostrará fácilmente cómo configurar su máquina-herramienta luego de haber experimentado con Mach3 así. Usted puede "pretender" elaborar y aprender mucho si todavía no tiene una máquina-herramienta de CNC. Si tiene una, asegúrese que no está conectada a la PC.

Mach3 está diseñado de manera que sea muy fácil de personalizar según sus pantallas de especificaciones para adaptar su forma de trabajo. Esto significa que las pantallas que usted verá no serán exactamente igual las del apéndice 1. Si hay grandes diferencias entonces su suministrador del sistema le debería haber dado un conjunto revisado de las pantallas para que coincida con sistema. Haga doble clic sobre el icono de Mach3Mill para ejecutar el programa. Usted debe ver la pantalla del programa de la fresadora ejecutándose similar a la del apéndice 1 (pero con varios DROs puestos en cero, ningún programa cargado, etc.).

Note el color rojo del botón RESET. Este tiene un LED rojo/verde destellando (simulación de un diodo emisor de luz) sobre él y algún LED amarillo iluminado. Si usted hace clic sobre el botón RESET entonces los diodos emisores de luz amarillos se apagan y el diodo emisor de luz destellante queda en verde sólido. Mach3 está listo para acción!

Si no puede restablecer el programa el problema puede estar en que hay algo conectado en su puerto paralelo o puertos (un adaptador tal vez) o el pc ha tenido instalado previamente Mach3 en ella con una distribución inusual de pines del puerto para la parada de emergencia (señal Stop). Haga clic sobre el botón Offline usted estaría en condiciones de reiniciar el sistema. La mayor parte de las pruebas y demostraciones en este capítulo no trabajarán a menos que Mach3 esté fuera del modo de Stop.

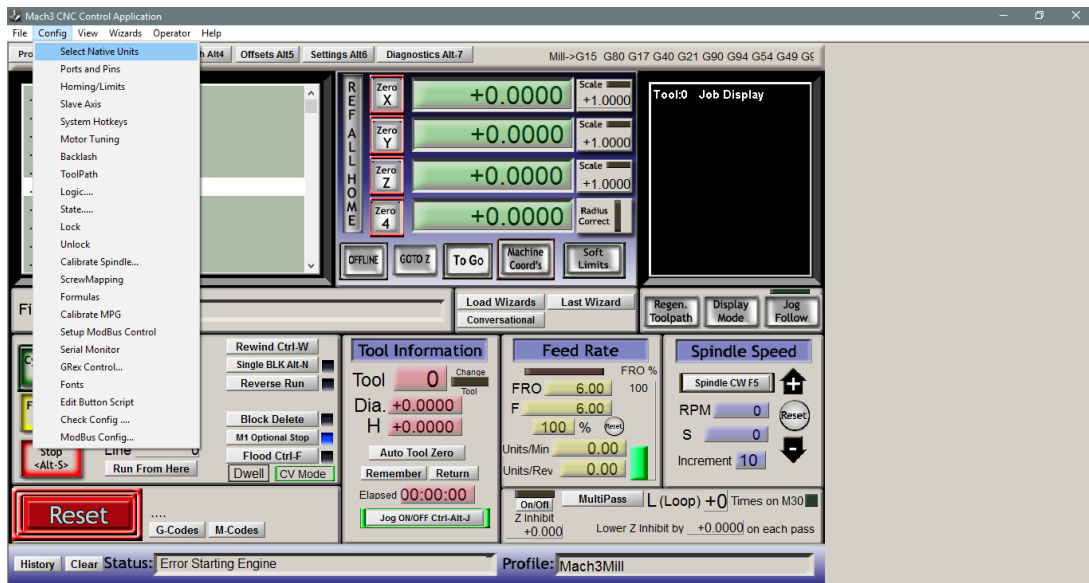
Figura 26. Configuración de mach3



Fuente: Autores

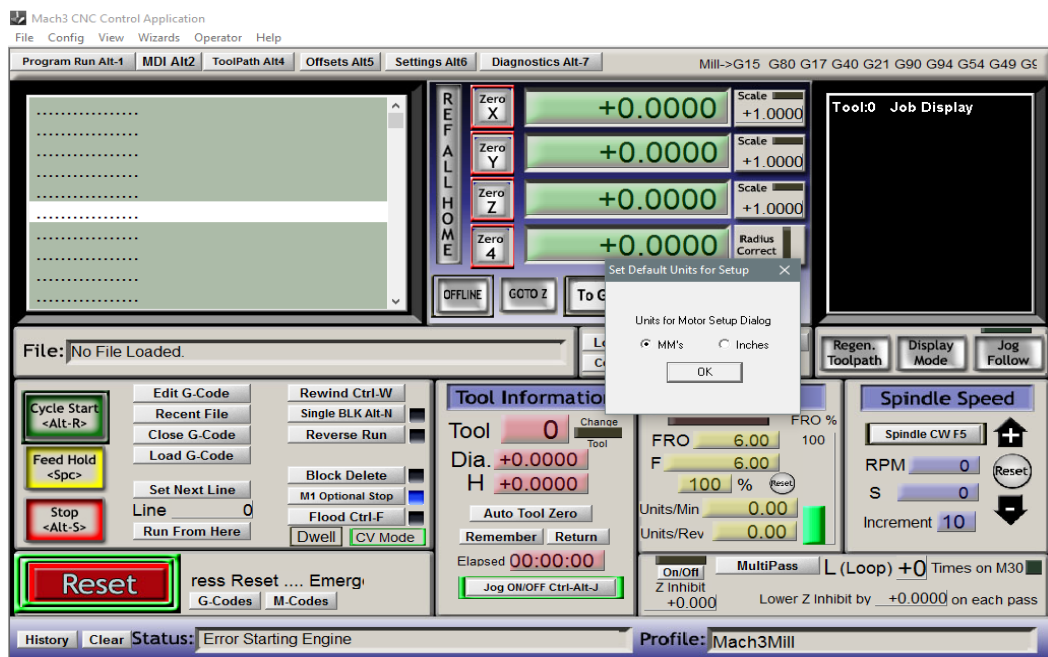
Una vez que se ha instalado Mach3 listo para una ejecución de prueba. Virtualmente todos los trabajos que hará están basados en cuadros de dialogo que se alcanzan desde el menú Config. Este es identificado, por ejemplo, Config>Logia que significa que usted elige la entrada Logic desde el menú Config.

Figura 27. Configuración de las unidades de trabajo



Fuente: Autores

Figura 28. Selección de unidades de trabajo



Fuente: Autores

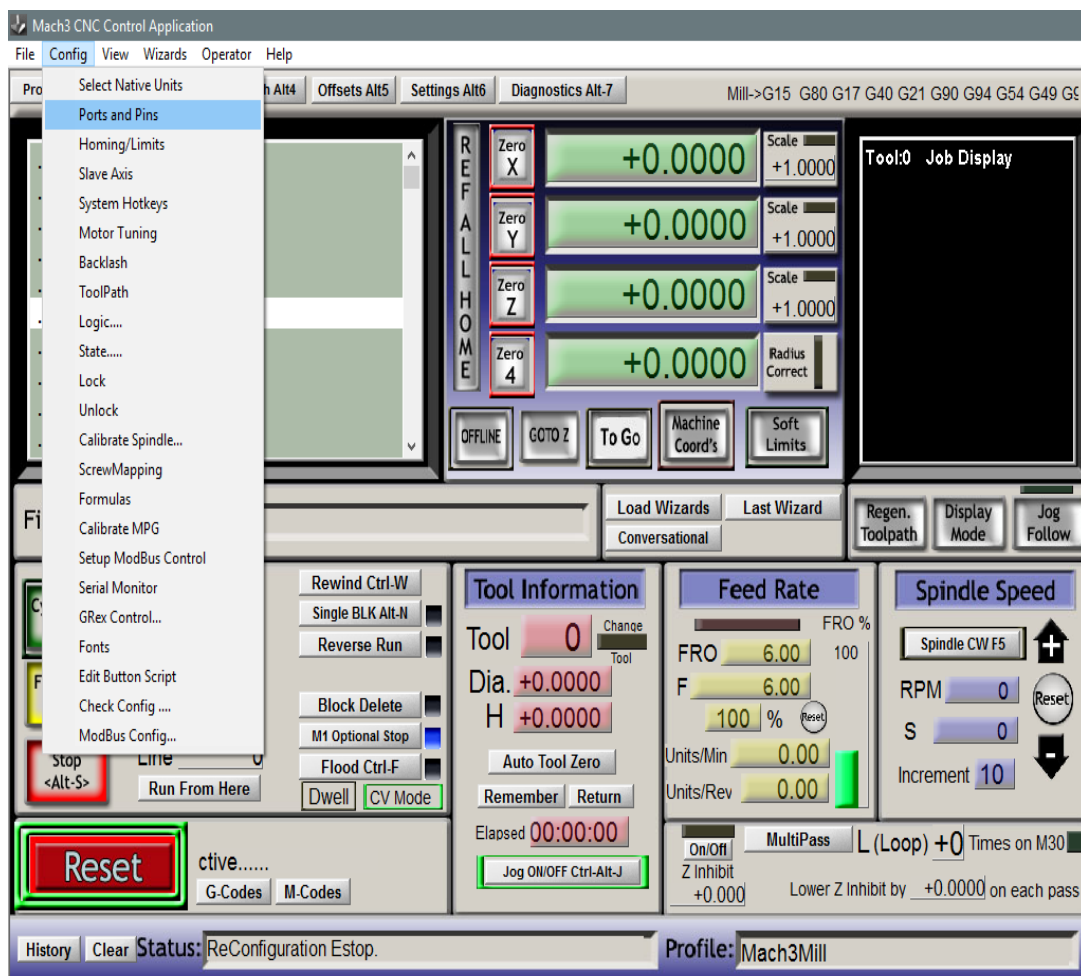
En la figura 28, se muestra la selección de unidades de medición, para este caso trabajaremos en mm, ya que también se puede trabajar en pulgadas.

Con las funciones básicas de trabajo, es hora de configurar el controlador de eje. La primera cosa para decidir es si usted desea definir sus propiedades en métrico (milímetros)

o unidades de pulgada. Usted será capaz de correr programas en cualquier unidad que elija. Las matemáticas para configuración serán ligeramente más fáciles si usted escoge el mismo sistema en que fue hecho su tren (e.g. el tornillo de bolas). Así un tornillo con 0.2" de paso (5 tpi) es fácil de configurar en pulgadas como en milímetros. Similarmente un tornillo de 2mm de paso será más fácil en milímetros. La multiplicación y/o división por 25.4 no son difíciles, pero es sólo algo diferente para considerar.

Allí está, por otra parte, una ventaja al tener que configurar las unidades a las unidades en que normalmente trabaja. Esto es que puede cerrar el DROs para mostrar en este sistema sea lo que sea que el programa esté haciendo (i.e. conmutar unidades por G20 y G21). Así la elección es el suya. Use Config>Setup Units para escoger MMs o pulgadas. Una vez que usted ha hecho una elección usted no debe cambiarlo sin volver por completo sobre los pasos seguidos o una total confusión reinará.

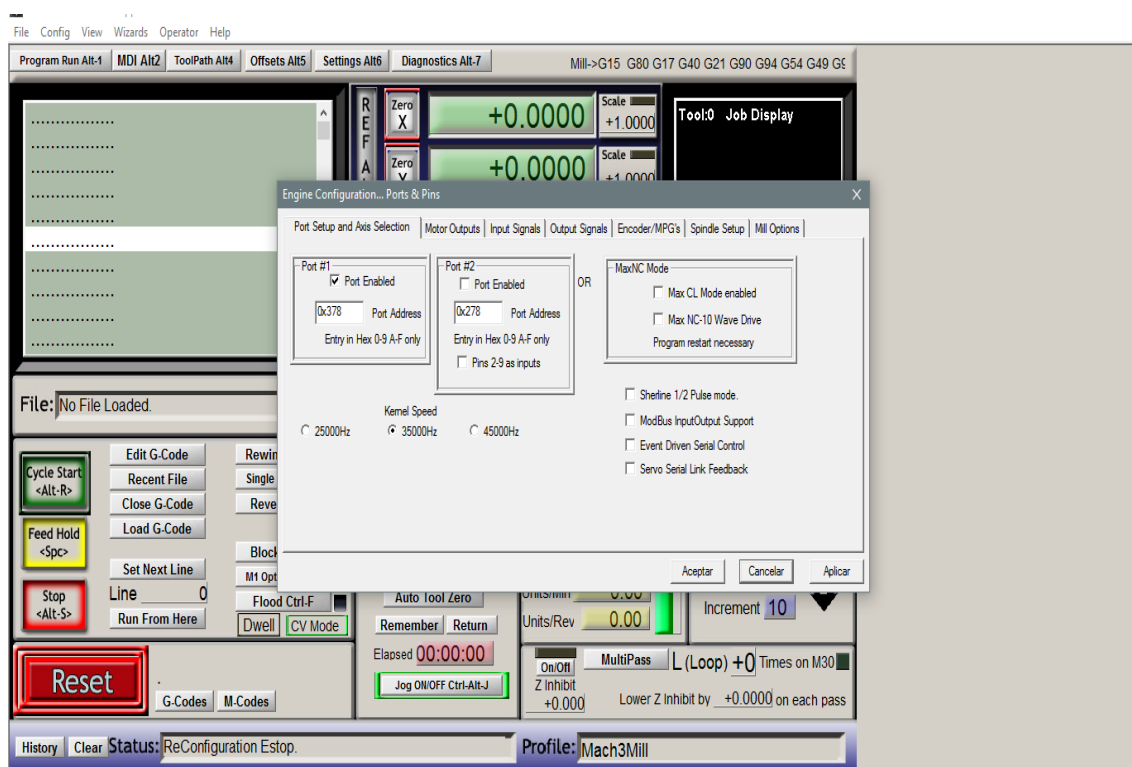
Figura 29. Segunda configuración



Fuente: Autores



Figura 30. Configuración de puertos y pines



Fuente: Autores

Si se utiliza solamente un puerto paralelo y este es el único en el motherboard de su computadora entonces la dirección por defecto del puerto 1 de 0x378 (e.g. 378 en hexadecimal) casi cierto que está correcto.

Si está usando una o más tarjetas PCI entonces necesita descubrir la dirección de cada uno. No hay una norma única. Ejecute el Panel de Control de Windows desde el botón de inicio. Haga doble clic sobre Sistema y seleccione la orejeta Hardware. Haga clic en el botón Administrador de Dispositivos. Expanda el árbol del ítem “Puertos (COM & LPT)”. Haga doble clic en el primer puerto LPT o ECP.

Si va a usar un segundo puerto repita las instrucciones del párrafo de arriba. Cierre el Administrador de Dispositivos, Propiedades del Sistema y el Panel de Control de Windows.

Ingrese su primera dirección de puerto (no suministre el prefijo 0x para decir que este es hexadecimal, Mach3 lo asume así). Es necesario tildar Enabled para el puerto 2 e ingrese su dirección. Ahora haga clic en el botón Apply para guardar estos valores. Esto es muy

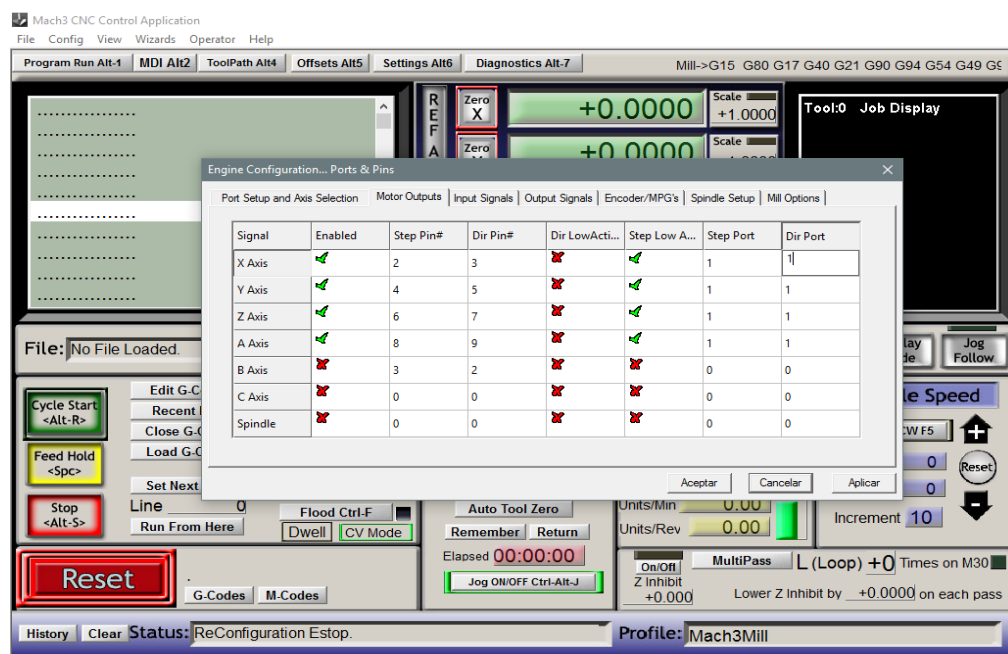
importante. Mach3 no recordará los valores cuando cambie de orejeta en orejeta o cierre el diálogo Ports & Pins mientras no presione el botón Apply.

El controlador Mach3 puede trabajar a una frecuencia de 25.000 Hz (pulsos por segundo), 35.000 Hz o 45.000 Hz dependiendo de la velocidad de su procesador y otros programas cargados mientras se ejecuta Mach3. La frecuencia que necesita depende de la máxima tasa de pulsos que necesita para controlar cualquier eje y su tope de velocidad. 25.000 Hz probablemente será apropiada un sistema de motores paso a paso.

Más detalles pueden obtenerse en la sección afinación del motor. Computadoras con un reloj de 1 Ghz de velocidad casi seguro que ejecutará a 35.000 Hz si puede seleccionar esta cuando necesite altísimas tasas de pasos (e.g. si tiene una varilla roscada de paso muy fino).

La versión de demostración solo se ejecutará a 25.000 Hz. Además, si Mach3 es forzado a cerrarse entonces en el reinicio automáticamente se configurará para operar a 25.000 Hz. La frecuencia real en el sistema que se está ejecutando es mostrada sobre la pantalla “Diagnostics”. No se olvide de hacer clic sobre el botón “Apply” para guardar los valores antes de salir.

Figura 31. Configuración de salidas de motor

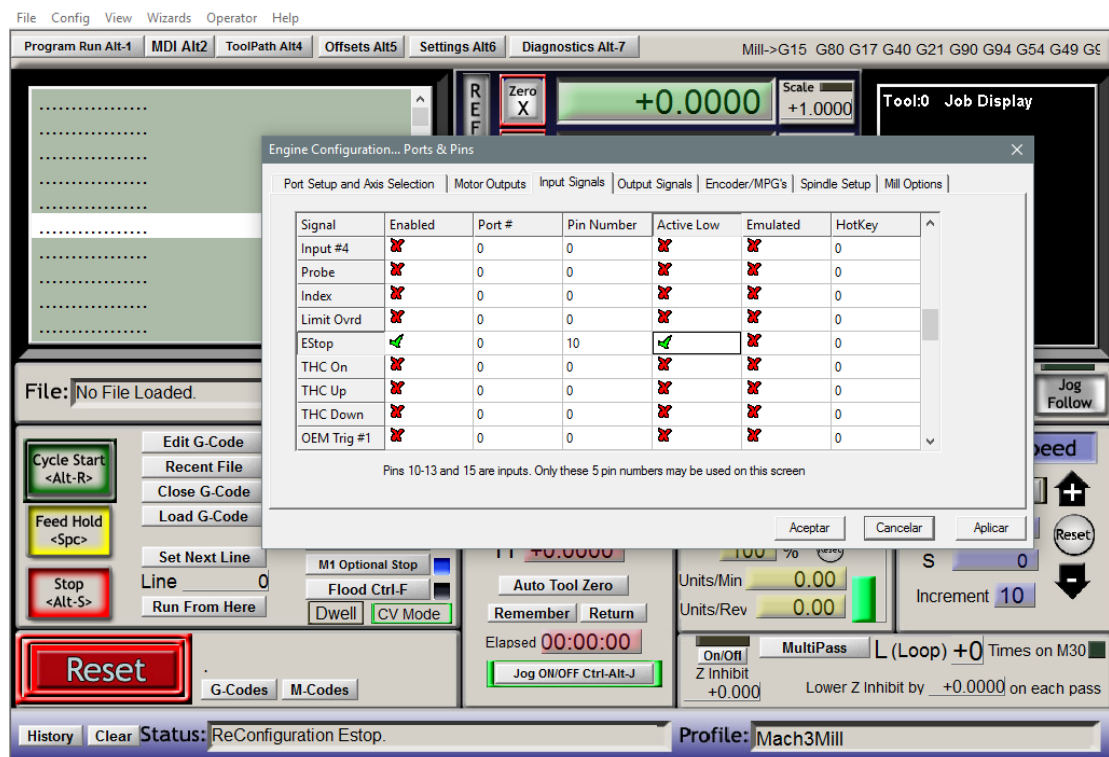


Fuente: Autores

En la figura 32. Define donde serán conectados los controladores para sus ejes X, Y y Z y haga clic para colocar la marca de chequeo para habilitar (Enable) este eje. Si su hardware de interfaz (e.g. controlador paso a paso Gecko 201) requiere una señal activa “lo” asegúrese que esta columna este tildada para la señal de paso (Step) y dirección (Dir). Si tiene un eje rotativo o esclavo entonces debería habilitarlo y configurarlo.

Si la velocidad de su husillo será controlada por Mach3 entonces necesita habilitar (Enable) el husillo y asignar un pin/puerto de paso (Step) para éste si usa un control de pulso modulado en ancho con relés para controlar su dirección o asignar pines /puertos de paso (Step) y dirección (Dir) si este tiene control completo. Debería también definir si esta señal es activa “lo”. Luego de hacerlo, Haga clic en el botón Apply para guardar los datos de esta ventana.

Figura 32. Configuración de par de emergencia



Fuente: Autores

Ahora seleccione la ventana Input Signals, ésta se verá como en la figura 33. Asumimos que ha elegido una de las estrategias de interruptores de inicio y límites. Si ha usado una de las estrategias mencionadas y tiene conectados interruptores de límites entre sí he iniciado un EStop o deshabilitado el control de ejes desde el control electrónico entonces

no tilde ninguna de las entradas de límites. Con la estrategia 2 tendrá probablemente interruptores de inicio en los ejes X, Y y Z, Habilite (Enable) los cuadros de los interruptores de inicio (Home) para cada eje y defina el puerto (port) / pin donde será conectado cada uno. Si está combinando interruptores de límites y de inicio entonces debería habilitar el Limit --, el Limit ++ e inicio por cada eje y asignar el mismo pin para Home, Limit – y Limit ++.

La entrada N<sup>a</sup> 1 es especial en esto, esta puede ser usada para deshabilitar u programa cuando los interruptores de seguridad no están instalados. Las otras tres (y N<sup>o</sup> 1 si no es usada para los interruptores de seguridad) están disponibles para su propio uso y pueden ser probadas en el código de macros. La entrada N<sup>a</sup> 4 puede ser usada para conectar un botón interruptor externo para implementar la función paso único (Single Step). Puede que desee configurar esto más tarde.

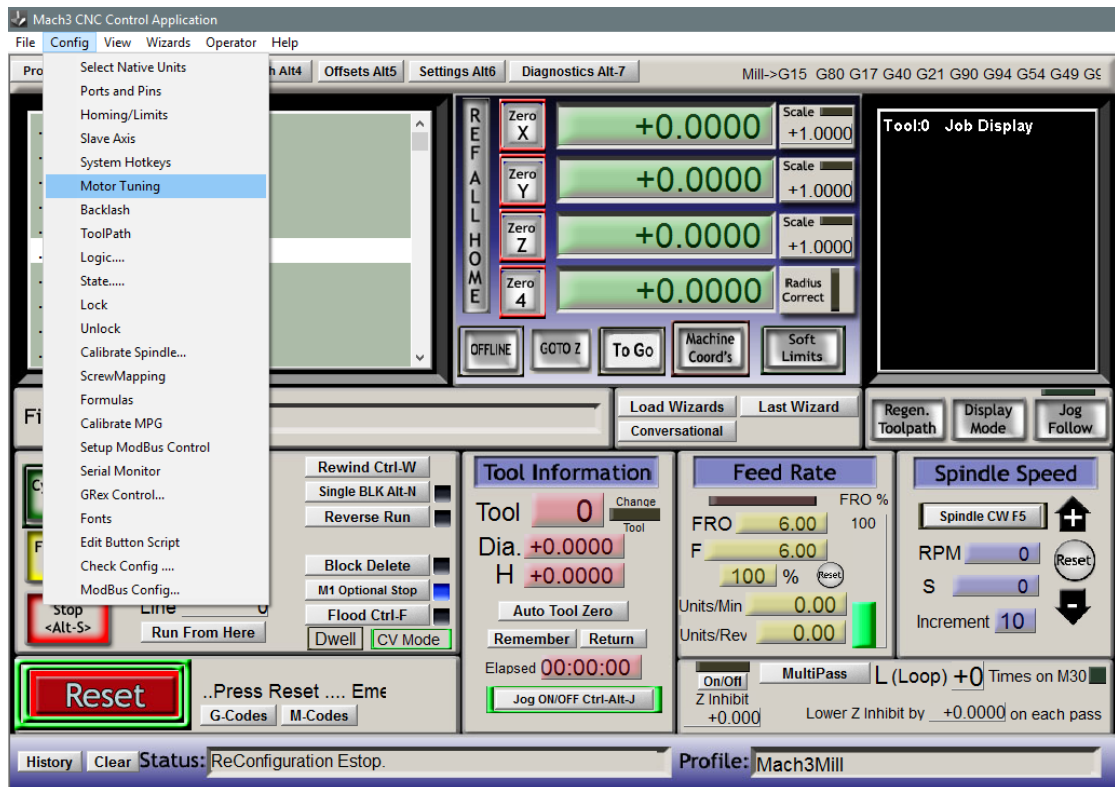
Habilite y defina el índice de pulso (Index Pulse) si tiene un sensor de husillo como uno de ranura o de marca. Habilite y defina los límites de sobrepaso (Limits Override) si está permitiendo que Mach2 controle los interruptores de límites y si tiene un botón externo que presionará si cuando necesite moverse más allá de un límite. Si no tiene interruptores entonces puede usar un botón de pantalla para conseguir la misma función.

Habilite y defina la parada de emergencia (EStop) para indicar a Mach3 que el usuario ha demandado una parada de emergencia. Habilite y defina la entrada OEM Trigger si quiere señales eléctricas sean capaces de llamar funciones del botón OEM sin ser necesario que un botón de pantalla sea provisto. Habilite y defina el cronometraje (Timing) si tiene un sensor de husillo con más de una ranura o marca.

Habilite la sonda (Probe) para digitalizar y THCon, THCUy y THCDown para el control de antorcha de plasma. Si tiene un puerto paralelo entonces tiene 5 entradas disponibles; con dos puertos hay 10 (o con los pines del 2 al 9 definidos como estradas, 13).

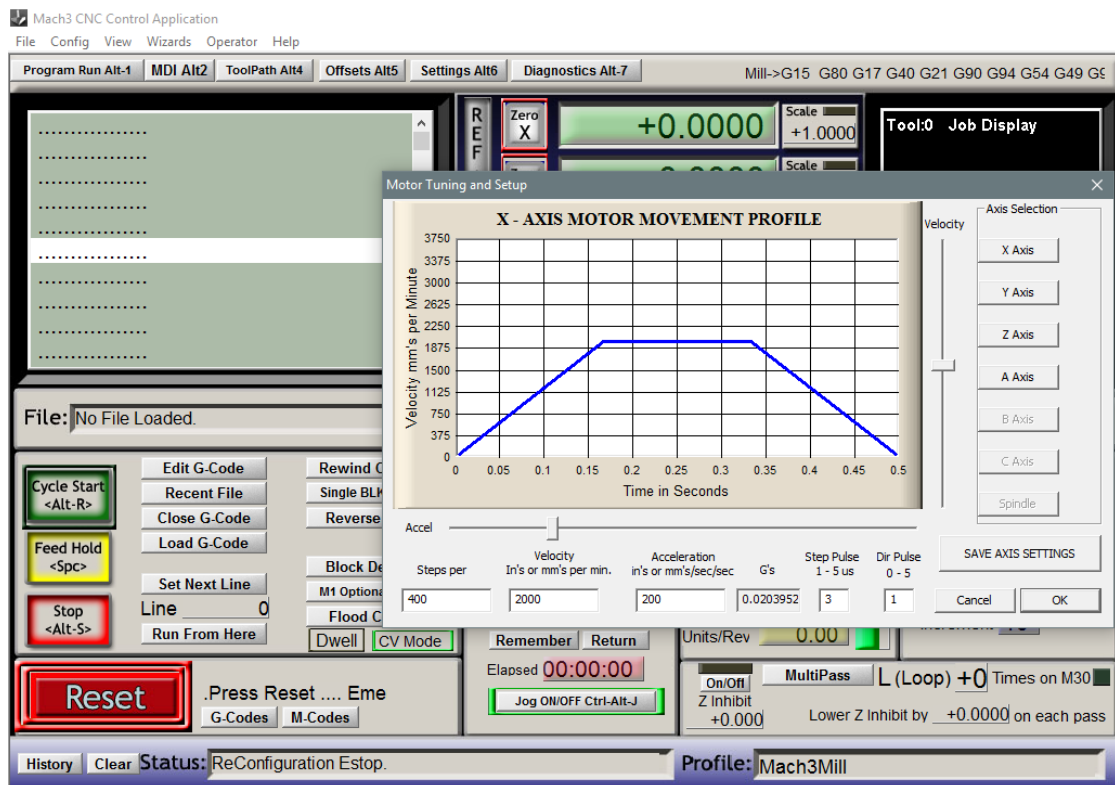
Esto es muy común de encontrar cuando está escaso de señales de entrada especialmente si usted también está queriendo tener alguna entrada para una escala de cristal (glass scales) u otro codificador. Puede tener el compromiso de no contar con cosas como in interruptor físico de límite de sobrepaso para guardar señales.

Figura 33. Afinación de los motores



Fuente: Autores

Figura 34. Afinación de motor del eje X



Fuente: Autores

En la figura 34, se muestra la configuración del motor del eje X, consecuentemente para configurar el eje Y son los mismos valores. Para el eje Z cambian los valores como se muestra en la figura 36.

Todavía usando el cuadro de dialogo Config>Motor Tunnig, cuando usted mueve el cursor deslizante de velocidad verá una gráfica de velocidad contra el tiempo para un corto movimiento imaginario. El eje de acelera, girará quizá a toda velocidad y entonces se desacelera. Ponga la velocidad al máximo por ahora.

Use el cursor deslizante de aceleración para alterar tasa de aceleración/desaceleración (éstos son siempre los mismos). Como usted usa el cursor deslizante los valores en los cuadros de la velocidad (Velocity) y de aceleración (Accel) son actualizados. La velocidad está en unidades por minuto. Accel está en unidades por second al cuadrado. Los valores de aceleración pueden también obtenerse en Gs para que tenga una impresión subjetiva de la fuerza que será aplicada a una mesa maciza o pieza de trabajo.

La velocidad máxima que puede mostrar estará limitada por la tasa de máxima de pulso de Mach3. Suponga que le ha configurado esto a 25.000 Hz y 2000 pasos por unidad entonces la máxima velocidad posible es 750 unidades por minuto.

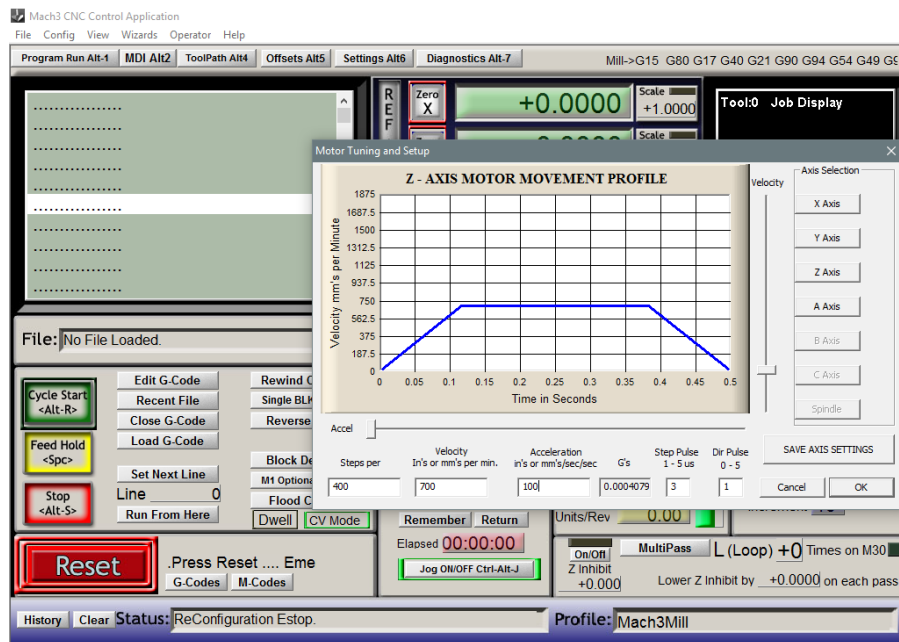
Este máximo es, sin embargo, no es seguro para su motor, mecanismo de control o máquina; es sólo Mach3 corriendo a máxima velocidad. Puede hacer los cálculos necesarios o hacer ciertos ensayos prácticos. Permítase intentar esto primero.

Guarde la configuración del eje después de poner los pasos por unidad. OK en el cuadro de diálogo y asegúrese que todo esté encendido. Haga clic sobre el botón Reset así su LED brillará continuamente.

Vuelva a Config>Motor Tunnig y escoja su eje. Use el cursor deslizante de velocidad para tener la gráfica en 20% de velocidad máxima. Apriete la tecla de flecha arriba (Up key) en su teclado. El eje debería moverse en la dirección hacia arriba. Si este se va en vueltas entonces escoja una velocidad inferior. Si este se arrastra escoja entonces una velocidad más alta. La tecla de flecha abajo hace girar de otra dirección (e.g. en la dirección hacia abajo).

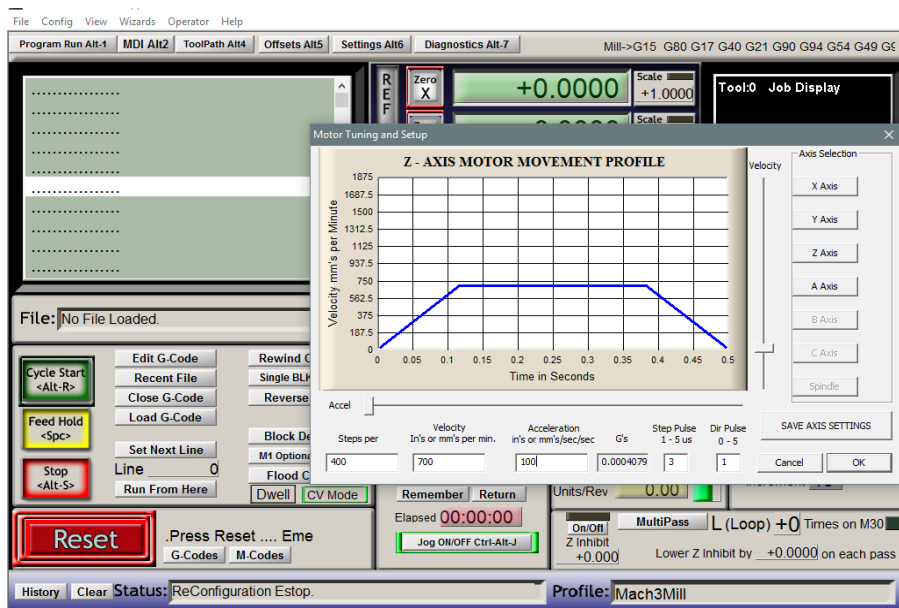
Si la dirección es errónea entonces, guarde el eje y (a) cambie la configuración de Low activo en el pin de Dir del eje en la orejeta Config>Ports & Pins>Output Pins (y presione Apply) o (b) verifica el cuadro apropiado en Config>Motor Reversals para el eje que está usando. Usted puede también desconectar e invertir un par de conexiones físicas al motor desde el control electrónico.

Figura 35. Afinación del motor del eje Z



Fuente: autores

Figura 36. Configuración del cuarto eje A

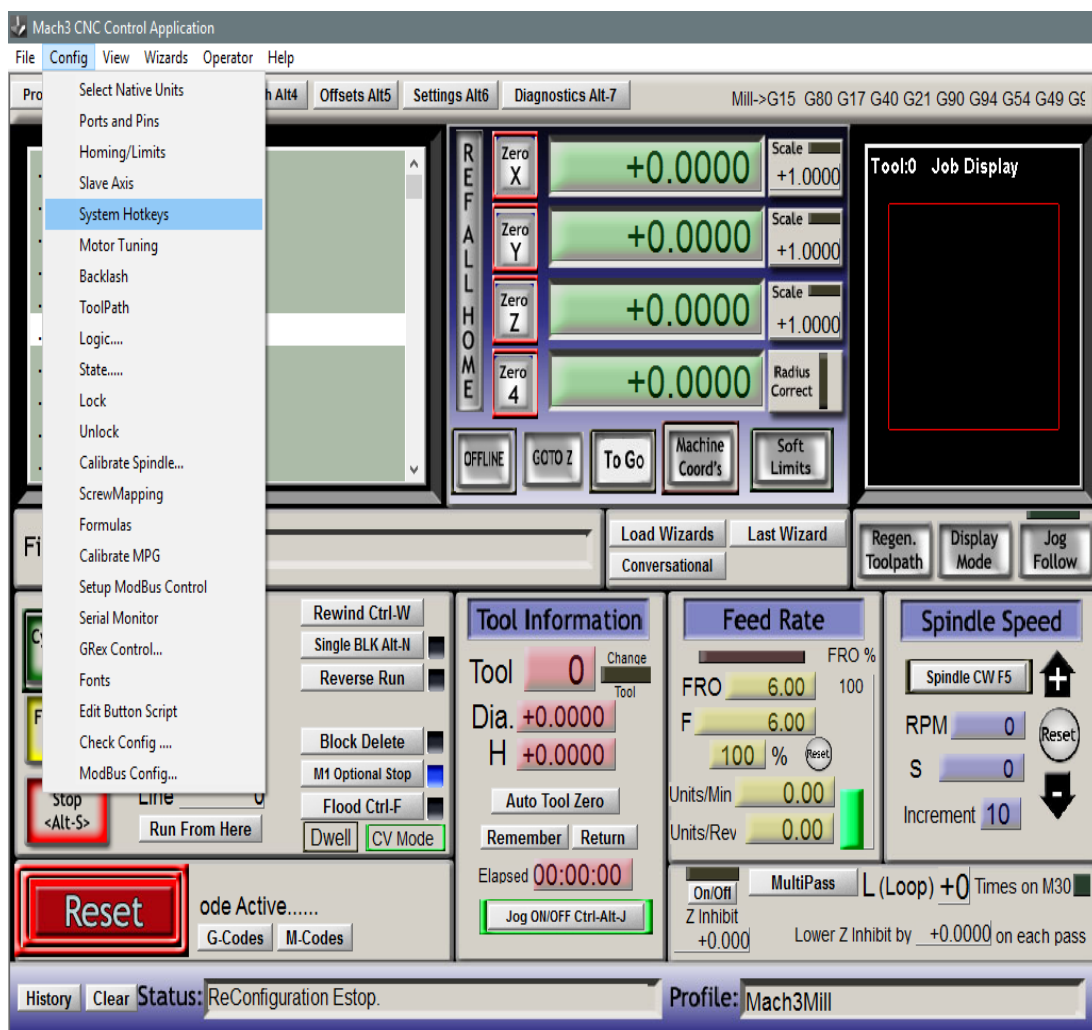


Fuente: Autores

Bien, después de todo ese detalle es tiempo para obtener cosas moviéndose literalmente. Esta sección describe la configuración del controlador de eje y, si su velocidad será controlada por Mach3, el controlador de husillo. La estrategia completa para cada eje es: (a) calcular cuántos pulsos de paso deben enviarse al controlador de cada unidad (pulgada o mm) de movimiento de la herramienta o mesa, (b) establecer la velocidad máxima para el motor y (c) configurar la proporción de aceleración/desaceleración requerida.

Le aconsejamos negociar con un eje a la vez. Podría probar hacer funcionar el motor antes que se conecte mecánicamente a la máquina-herramienta. Así ahora conecte la alimentación al controlador electrónico del eje y haga una doble verificación del tendido eléctrico entre el controlador electrónico y su interfaz de salida/computadora. Usted está a punto de mezclar alto poder e informática así es mejor estar a salvo que humeante.

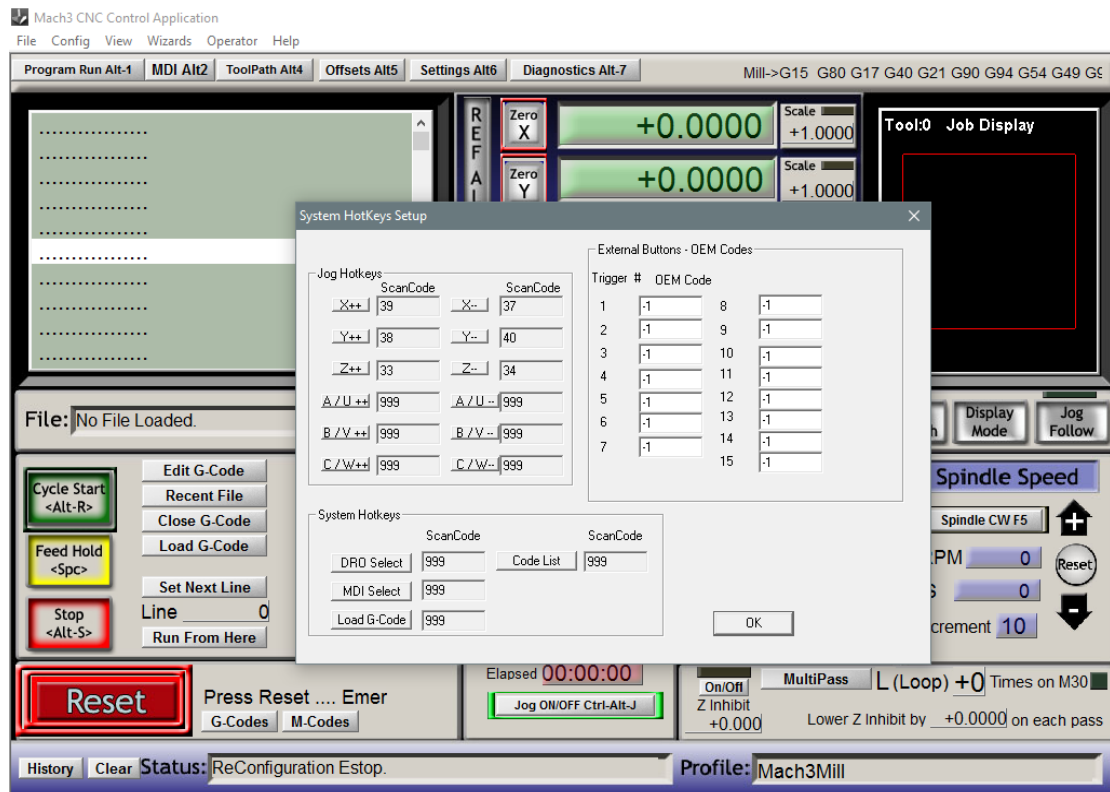
Figura 37. Configuración de la tecla de acceso



Fuente: Autores



Figura 38. Configuración de la tecla de acceso al sistema



Fuente: Autores

En la figura 38, se muestra la configuración a utilizar para realizar los movimientos manuales de los motores que a su vez mueven los ejes, teniendo en cuenta que podemos mover manualmente los ejes mediante un teclado.

Su software ahora está suficientemente configurado por usted para hacer ciertas pruebas simples con el hardware. Verifique que se encuentren conectados los interruptores manuales como EStop, Inicio, etc. A las entradas, si no es así, hágalo ahora. Ejecute Mach3Mill y muestre la pantalla de diagnóstico.

Este tiene un banco de LEDs mostrando el nivel lógico de las entradas y salidas. Asegure que la señal de emergencia externa (EStop) no está activa (Led rojo de emergencia no parpadee) y apriete el botón rojo de reinicio (Reset) en la pantalla. Su LED debe parar de destellar.

Si ha asociado cualquier salida con un enfriador o un husillo entonces puede usar los botones pertinentes en la pantalla de diagnóstico para poner las salidas en encendido y

apagado. La máquina debe responder también o puede controlar los voltajes de las señales con un multímetro. Después haga funcionar los interruptores de inicio y límite. Debe ver los LEDs amarillos apropiados cuando su señal está activa.

Si usted tiene dos puertos y todas las señales de prueba están en uno entonces podría considerar un cambio temporal de su configuración de modo que uno de los interruptores de inicio o de límite está unido por esta vía de modo que usted pueda verificar su operación correcta.

No olvide hacer clic sobre el botón Apply cuando esté haciendo un orden de comprobación. Si todo va bien entonces debe restaurar la configuración apropiada. Si usted tiene problemas usted debe ordenarlos ahora esto será mucho más fácil cuando empieza a tratar de manejar los ejes.

Si usted no tiene un multímetro entonces tendrá que comprar o pedir prestado un verificador lógico o un adaptador de D25 (con diodos emisores de luz reales) que le deje controlar el estado de sus pines.

En esencia necesita hallar si (a) las señales de entrada y salida de la computadora son incorrectas (i.e. Mach3 no está haciendo lo que usted quiere o espera) o (b) las señales no consiguen comunicación entre el conector D25 y su máquina-herramienta (i.e. un problema de tendido eléctrico o configuración con la interfaz o máquina). 15 minutos de ayuda de un amigo puede hacer milagros en esta situación, más si usted le explica cuidadosamente a él cual y como es su problema.

*3.5.2 Tipo de código.*- Mach3 puede leer líneas de código en varios formatos, entre los cuales tenemos: Código G universal, es decir se puede post procesar en cualquier tipo y luego editar los códigos para adaptarlos al mach3.

Además, también puede receptar código en formato: .nc/ .ncc / .tab / .txt, este último formato es aquel que brinda siemens NX, por lo tanto, es perfecto para realizar el mecanizado del tornillo sin fin.

A continuación, se muestra los códigos que por defecto puede leer mach3 sin ningún problema.

Tabla 7. Código G

<b>G-code</b>	<b>Functions</b>
G0	Rapid positioning
G1	Linear interpolation
G2	Clockwise circular / helical interpolation
G3	Counterclockwise circular / helical interpolation
G4	Dwell
G10	Coordinate system origin setting
G12	Clockwise circular pocket
G13	Counterclockwise circular pocket
G15	Polar Coordinate moves in G0 and G1
G16	Cancel polar Coordinate moves in G0 and G1
G17	XY plane select
G18	XZ plane select
G19	YZ plane select
G20	Inch unit
G21	Millimeter unit
G28	Return machine home (parameters 5161 to 5166)
G30	Return machine home (parameters 5181 to 5186)
G28.1	Reference axis
G31	Straight Probe
G40	Cancel cutter radius compensation
G41	Start cutter radius compensation left
G42	Start cutter radius compensation right
G43	Apply tool length offset (plus)
G49	Cancel tool length offset
G50	Reset all scale factors to 1.0
G51	Set axis data input scale factors

Fuente: Autores

Tabla 8. Código G

<i>G-code</i>	<i>Functions</i>
G53	Move in absolute machine coordinate system
G54 à G59	Use fixture offset 1 to 6, G59 to select a general fixture number
G61	Exact Stop mode
G64	Constant Velocity mode
G73	Canned cycle - drilling - fast pullback
G80	Cancel canned cycle mode
G81	Canned cycle - drilling
G82	Canned cycle - drilling with dwell
G83	Canned cycle - peck drilling
G84	Canned cycle - right hand rigid taping (not yet implemented)
G85	Canned cycle - boring, no dwell, feed out
G86	Canned cycle - boring, spindle stop, rapid out
G87	Canned cycle - back boring (not yet implemented)
G88	Canned cycle - boring, spindle stop, manual out
G89	Canned cycle - boring, dwell, feed out
G90	Absolute distance mode
G91	Incremental distance mode
G92	Offset coordinates and set parameters
G92.1	Reset G92 offset and parameter
G92.2	Reset G92 offset but leave parameters untouched
G92.3	Recall G92 from parameters
G93	Inverse time feed mode
G94	Feed per minute mode
G95	Feed per revolution mode
G98	Initial level return after canned cycles
G99	R-point level return after canned cycles

Fuente: Autores

Tabla 9. Códigos M

<i>M-code</i>	<i>Functions</i>
<b>M0</b>	Program stop
<b>M1</b>	Optional program stop
<b>M2</b>	Program end
<b>M3 / M4</b>	Rotate spindle clockwise/counterclockwise
<b>M5</b>	Stop spindle rotation
<b>M6</b>	Tool Change (by two macros)
<b>M7</b>	Mist coolant on
<b>M8</b>	Flood coolant on
<b>M9</b>	All coolant off
<b>M30</b>	Program end and rewind
<b>M47</b>	Repeat program from first line
<b>M48</b>	Enable speed and feed override
<b>M49</b>	Disable speed and feed override
<b>M98</b>	Call subroutine
<b>M99</b>	Return from subroutine/repeat

Fuente: Autores

En la Tabla 9, se observa la lista de códigos M, es decir algunos códigos que son parte de una programación para un mecanizado correcto, a continuación, en la tabla 9, se muestra una lista de abreviaciones que comúnmente se utilizan en mach3.

Tabla 10. Abreviaciones de mach3

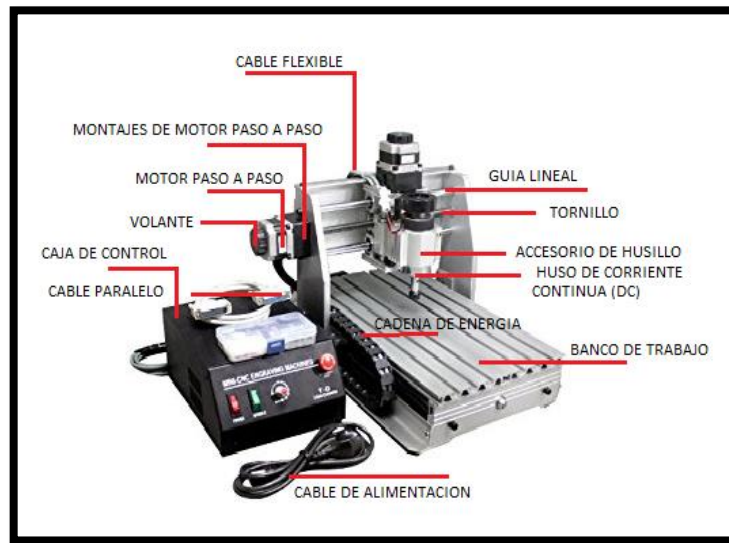
<b>A</b>	A axis of machine
<b>B</b>	B axis of machine
<b>C</b>	C axis of machine
<b>D</b>	Tool radius compensation number
<b>F</b>	Feedrate
<b>G</b>	See G-codes table
<b>H</b>	Tool lenght offset index
<b>I</b>	X axis offset for arcs X offset in G87 canned cycle
<b>J</b>	Y axis offset for arcs Y offset in G87 canned cycle
<b>K</b>	Z axis offset for arcs Z offset in G87 canned cycle
<b>L</b>	Number of repetitions in canned cycles/subroutines L1 / L2 : tool offset settings / fixture offset (with G10)
<b>M</b>	See M-codes table
<b>N</b>	line number
<b>O</b>	Subroutine label number
<b>P</b>	Dwell time in a canned cycle Dwell time with G4 Tool / Fixture number (with G10) Tool radius ( with G41 / G42 )
<b>Q</b>	Feed increment in G83 canned cycle Repetitions of subroutine call
<b>R</b>	Arc radius Canned cycle retract level
<b>S</b>	Spindle speed
<b>T</b>	Tool selection
<b>X</b>	X axis of machine
<b>Y</b>	Y axis of machine
<b>Z</b>	Z axis of machine

Fuente: Autores

En la Tabla 10 se puede observar una lista de abreviaciones que comúnmente se utiliza en mach3, para lo cual es de mucha importancia tanto como las figuras: 6, 7 y 8.

Siendo estas figuras las listas de códigos que mach3 utiliza para realizar la mecanización, además se debe tener en cuenta al momento de postprocesar en código universal, ya que algunos postprocesadores, utilizan otros códigos y otras abreviaciones al momento de generar los códigos, y se puede correr el riesgo que mach3 no pueda leer la línea de código.

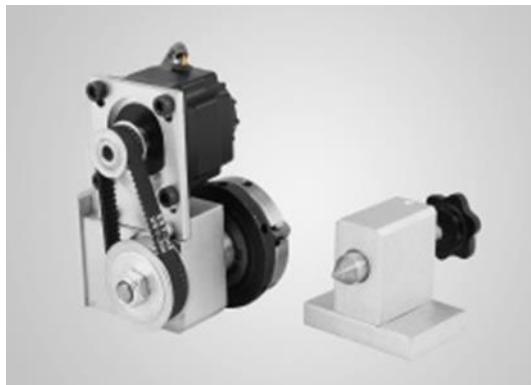
Figura 39. Maquina CNC 3040T-DJ



Fuente: (CHINACNCZONE, 2015)

La figura 39. Se muestra la maquina CNC didáctica, en la cual se indican sus partes, las cuales son todas muy importantes para que la maquina tenga un correcto funcionamiento. Y a su vez se tenga en conocimiento cuáles son sus partes y así poder realizar los cambios respectivos, dependiendo el usuario, en lo que respecta a elementos defectuosos.

Figura 40. Cuarto eje



Fuente: (CHINACNCZONE, 2015)

En la figura 40. Se muestra el cuarto eje de trabajo, el mismo que sirve para realizar trabajos de mecanizado como el de tornillo sinfín o muchas opciones más.

Mach3 es un software con el que viene con la máquina y sirve para controlar este tipo de máquinas didácticas mediante un ordenador, el mismo que se comunica con la maquina

mediante un cable por puerto paralelo hacia un pequeño controlador MINI CNC ENGRAVING MACHINES.

Figura 41. Caja de control MINI CNC ENGRAVING



Fuente: CNC engraving machine, USER GUIDE, for 3040td-j

En la figura 42. Se muestra la caja de control de la CNC el mismo que consta de un paro de emergencia, botón de encendido del husillo y un potenciómetro que controla las R.P.M. de del husillo.

**3.5.3 Tipos de herramienta.-** El husillo puede trabajar con fresas hasta de 3 mm de diámetro de todo tipo de material, como accesorio adicional viene incluido con la maquina 4 fresas de 3 mm de diámetro; una de desbaste, 3 de grabado y una de acabados superficial.

Los materiales de herramientas utilizados en la fabricación de brocas de fresadora en el mercado industrial incluyen acero de alta velocidad, punta de carburo, Carburo sólido y diamante PCD. La elección de los útiles depende de las características relativas del material Mecanizado y el equipo disponible para una aplicación específica. Las herramientas con punta de acero y carburo de alta velocidad tienden a caer en

La categoría de aplicaciones alimentadas manualmente router mientras carburo sólido y diamante PCD se aplica mejor a las operaciones de CNC. Básicamente, a medida que aumenta la dureza del material de la herramienta y disminuye la tenacidad, el utillaje del material más duro funciona mejor En el ambiente de alimentación consistente de maquinaria CNC.

Figura 42. Fresas



Fuente: (TINKERANDFUTZ, 2014)

En la figura 42. Se muestran los tipos de fresas, las cuales están incluidas dentro del paquete que viene incluido en la máquina.

Muchos usuarios seleccionan herramientas sin tener en cuenta la importancia de mantenerlas adecuadamente en el sistema de recogida del enrutador. Esto es a menudo el caso en los routers que van desde los simples enrutadores de aire hasta las máquinas CNC más complejas. Todas las pinzas son de dos tipos básicos; Medio agarre o agarre completo.

Los refinamientos del enrutamiento plástico continúan mejorando a través del desarrollo del acabado, forma y fondo del borde de herramientas de pavimentación. Aunque la operación básica de este tipo de herramientas ha sido alrededor en el metal y la carpintería, industria, la geometría de la herramienta para el mecanizado de plástico era escasa.

Los enrutadores CNC necesitan bits.

Ellos determinan el tipo de talla que puede hacer, la resolución de sus diseños terminados, y lo rápido que puede moverse a través del material. Vienen con los bordes de corte que



tiran para arriba o empujan hacia abajo (a veces ambos), tienen los extremos cuadrados o formados, se hacen para la velocidad o la exactitud, y vienen en diámetros de un punto hasta sobre dos pulgadas para el enrutamiento estándar del CNC.

Figura 43. Tipos de herramientas



Fuente: (TINKERANDFUTZ, 2014)

En la figura 40, se muestran la elección de bits para su router CNC puede ser confuso. Hay un montón de variables a considerar cuando se busca el mejor poco para usted y su proyecto. Aquí hay algunas características clave a considerar.

¿Está haciendo cortes rectos en madera contrachapada? Obtenga un molino de espiral de corte de calidad. Los molinos de extremo vienen en muchos diámetros diferentes. Usted puede elegir un upcut o downcut.

Figura 44. Fresas cuadradas de corte transversal de 2 vías de 1/4 "y 1/2"



Fuente: (TINKERANDFUTZ, 2014)

Para la intrincada talla 3d, considere una bola de nariz de bola cónica como estos. El ligero ángulo del borde de corte ayuda a reducir la apariencia de marcas de herramienta paralelas a la superficie del material.

Figura 45. Fresa de bola



Fuente: (TINKERANDFUTZ, 2014)

Si desea hacer letras o hacer signos detallados, tendrá que obtener un v bit. A veces se les denomina v-talla bits, v-groove bits, o bits de grabado. Esta es la única manera de obtener un fondo ranurado afilado en el interior de los números romanos para su reloj de sol. Están disponibles en muchos tamaños y ángulos. Los ángulos más comunes y útiles en orden son 60deg, 90deg, y 30deg.

Figura 46. Fresa para grabados

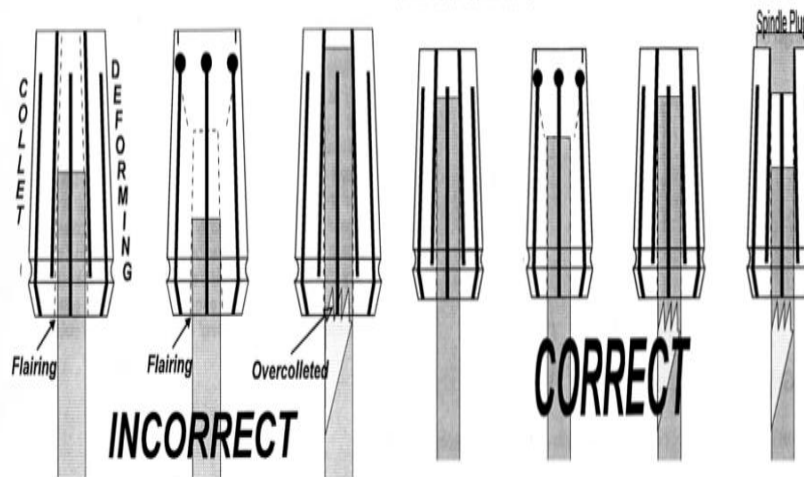


Fuente: (TINKERANDFUTZ, 2014)

En la figura 47 se observa la fresa para realizar trabajos de grabados que es una de las funciones fundamentales para las que fue creada la máquina.

3.5.4 *Coronilla*.- Los atributos y peculiaridades son importantes debido a la forma en que aseguran la herramienta. Nos gusta pensar en el sistema de husillo / pinza como una cadena. Así como una cadena es tan fuerte como su eslabón más débil, también lo es la pinza en relación con la herramienta. Un mecanizado de alto rendimiento sólo puede realizarse cuando el collar se mantiene correctamente cada vez que la herramienta se cambia.

Figura 47. Formas de coronillas



Fuente: (ONSRUD, 2005)

El calor es el mayor enemigo de la herramienta y la transferencia inicial de calor es de la herramienta a la pinza. Las pinzas son fabricadas de acero de resorte y durante un período de tiempo, el calor y el uso los hace perder la elasticidad. Este proceso de endurecimiento hace más difícil el apriete de la pinza, provocando así un agarre desigual y, finalmente, el desplazamiento de la herramienta.

Es importante entender cuándo las pinzas endurecidas no son reemplazadas; Un endurecimiento excesivo dañará eventualmente el cóncavo del eje que resulta en costosas reparaciones. Este proceso se produce gradualmente durante un período de tiempo y es difícil de diagnosticar.

La recomendación práctica para la vida de la pinza está en las horas de funcionamiento de 400-600. Esto es alrededor de 3 meses en un normal de dos turnos de operación. Si las pinzas no cambian, eventualmente se volverán lo suficientemente frágiles como para romperse o romperse y dañar permanentemente el husillo.

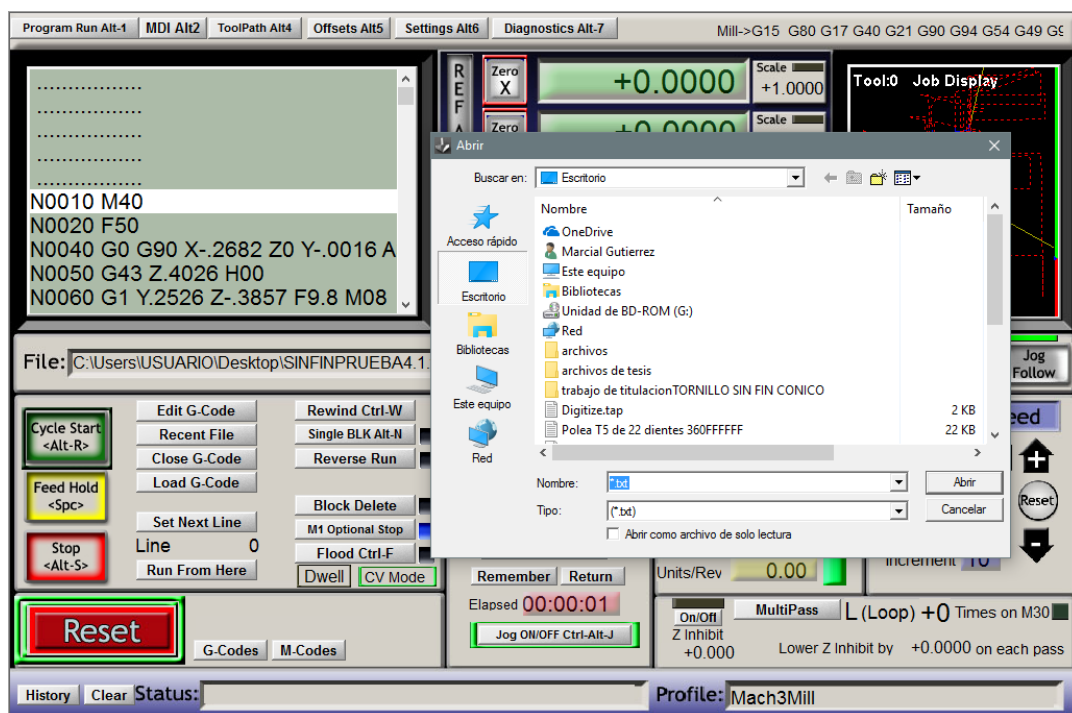
El mantenimiento preventivo es mucho más barato que esta costosa alternativa. El reemplazo oportuno del collar es importante, pero la limpieza de la pinza, junto con la tuerca de pinza, el cono del portaherramientas y el cono interior del husillo cada vez que se cambian las herramientas es igualmente importante. Los pinzas están en un ambiente sucio y se espera que realicen una tarea muy precisa mientras calor extremo.

A medida que el material se enruta, ya sea de madera, plástico, aluminio o tableros hechos por el hombre, las astillas llevan muchas resinas migrando hacia arriba por las ranuras de la pinza y depositándose en el interior de las orejas de la pinza (generalmente más cerca de la boca de la pinza).

Muchas veces el signo de la transferencia es marcas marrones en la boca del contacto del collar en el vástago. Estas marcas son una señal fuerte de la negligencia del collar y la necesidad de reemplazar un collar siguiendo los procedimientos de mantenimiento.

A continuación, se carga la codificación al programa mach3 por q ver si existe alguna línea de error en el código de programación. Para cargar la programación de código G se debe utilizar la opción *load G-Code*, tal cual como se indica en la figura 49.

Figura 48. Procedimiento para cargar código G



Fuente: Autores

En la figura 48, se puede observar que al utilizar la opción *Load G-Code*, se despliega una ventana, en la cual podemos seleccionar el archivo que se ha guardado, en este caso en formato .txt, dependiendo del formato de archivo con el que se esté trabajando, una vez que se ha seleccionado el archivo, pulsar en abrir e inmediatamente se cargara el código a mach3 para que se pueda verificar si existe algún error, en caso de existir el mismo, y si el archivo en el que estamos trabajando es de formato .txt, podemos utilizar la opción *Edit G-Code*, para poder corregir algunos errores que existan en las líneas de programación. La opción de *Close G-Code*, sirve para cerrar el archivo y poder cargar otro archivo de código G.

Mach3 es muy fácil de usar ya que, en caso de existir algún error nos da el número de línea en donde está el error en la parte inferior de la opción *Set Nex Line*, una vez ya corregido los errores, damos en guardar y podemos proceder a mecanizar.

Figura 49. Encerar los ejes

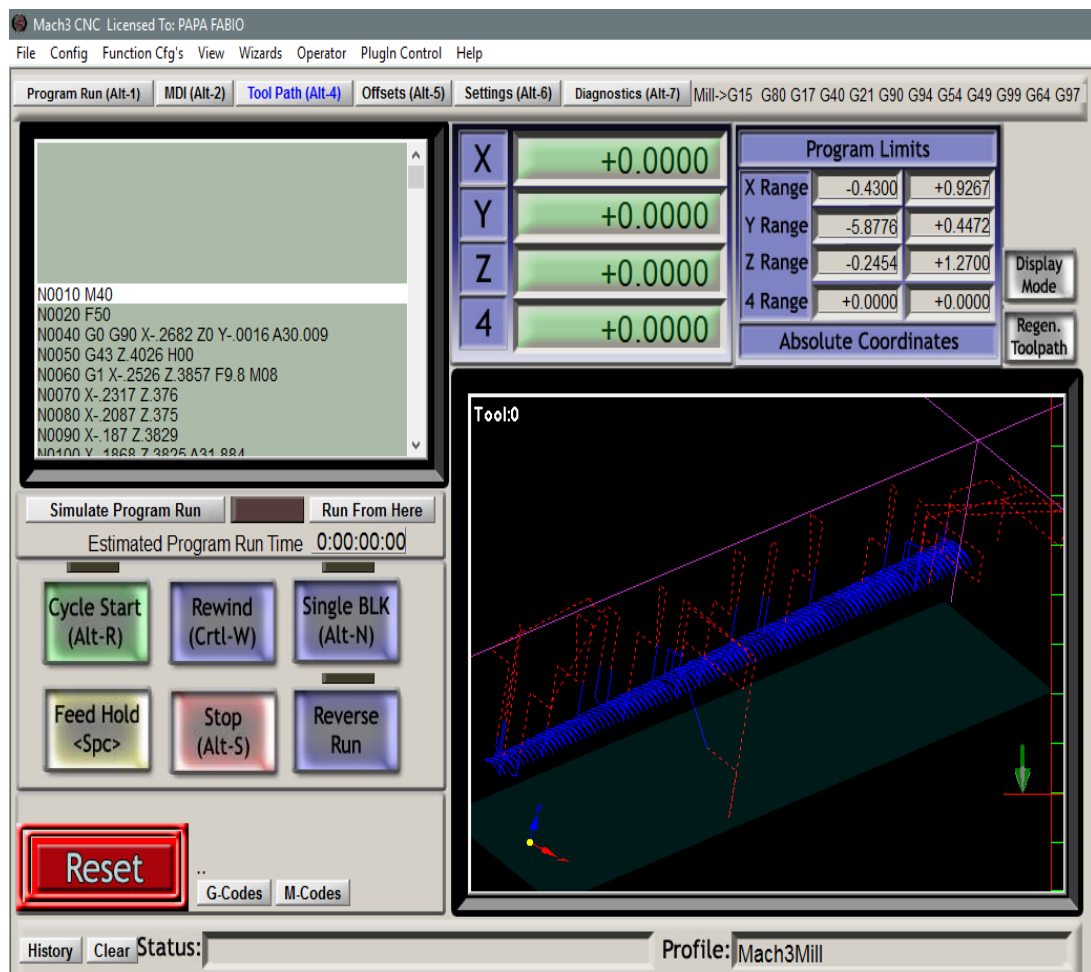


Fuente: Autores

En la figura 50, se puede observar los 4 ejes de funcionamiento de la máquina, los mismos que deben ser encerados al momento de mecanizar, ya que si no se realiza este paso, que es uno de los más importantes se corre el riesgo de posibles choques, de la herramienta con la pieza, además se corre el riesgo de daño de los acoples de los motores de la máquina, ya que si se encuentra en su punto máximo y se intenta subir más de su límite, los acoples se aíslan, por tal razón se recomienda tener mucho cuidado al momento de realizar esta operación.

El programa Mach3, además tiene un inicio, stop y paro de emergencia que ya se configuro anteriormente, el mismo que sirve como un paso más en lo que se respecta a seguridad, teniendo en cuenta que al ser una maquina didáctica, tener las mismas precauciones que se tiene con una fresadoras CNC convencional, sobre todo hay que resaltar que el husillo es con el mas precaución debemos tener y también al momento de llegar a su límite máximo el recorrido de los ejes, se corre el riesgo de dañar los motores y exista choque de partes móviles y fijas.

Figura 50. Código G en mach3.



Fuente: Autores

En la figura 50. Muestra la codificación G en el programa mach3, una vez cargado y configurado en el ordenador se procede a encerrar los ejes para comenzar la mecanización, cabe mencionar que, para realizar este tipo de trabajos, se realizó varias pruebas, como la construcción de una pequeña especie de rueda dentada, para llegar a la correcta mecanización.

Como último paso previo a la mecanización de cualesquier elementos, se debe verificar que el botón de paro de emergencia no este activado, caso contrario no va a funcionar, además se tiene presionar en *Reset* en mach3 como se indica en la figura 52, y luego presionar en *Cicle Star*, para que comience la mecanización.

Se recomienda que al momento de la mecanización estar pendiente, sobre cualquier percance, en caso de existir algún percance presionar de inmediatamente el paro de emergencia.

Figura 51. Reset



Fuente: Autores

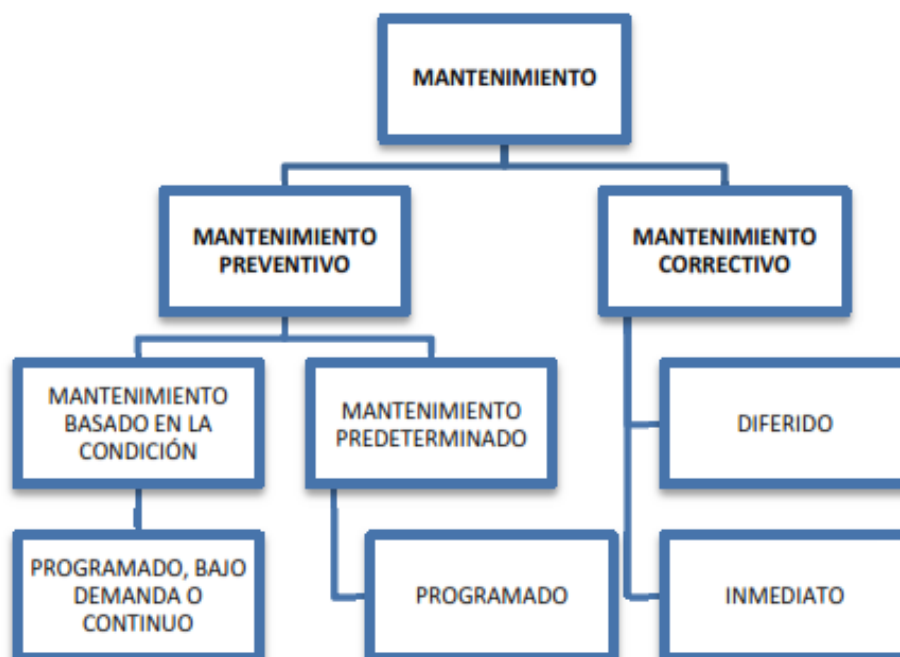
*3.5.5 Mantenimiento para fresadoras.*-El mantenimiento está compuesto por los procesos básicos de la administración: planeación, organización, ejecución y control. Donde en cada una de las etapas se describen los procedimientos y las operaciones necesarias para administrar el proceso de mantenimiento de una forma amplia. (ABORNOZ, 2013)

Se hace uso de la Inspección como una herramienta muy valiosa para el apoyo del mantenimiento, cada proceso se debe desarrollar bajo el esquema entrada – proceso – salida. Se identifica como entradas todos los elementos con los que inicia o parte el proceso, es decir: información, documentos, normas, etc. (ABORNOZ, 2013)

Los trabajos de mantenimiento pueden ser realizados mediante el servicio propio brindado por la unidad de mantenimiento, conocidos como trabajos internos, y también mediante la prestación de servicios de empresas externas, llamados trabajos externos. (ABORNOZ, 2013)



Figura 52. Tipos de mantenimiento.



Fuente: (AENOR, 2011)

Manual de mantenimiento predictivo: Contempla las revisiones periódicas (usualmente programadas) para detectar cualquier condición (presente o futura) que pudiera impedir el uso apropiado y seguro del dispositivo y poder corregirla, manteniendo de ésta manera cualquier instalación, herramienta o equipo en óptimas condiciones de uso. (ABORNOZ, 2013)

Manual de mantenimiento preventivo: Contempla los ajustes, modificaciones, cambios, limpieza y reparaciones (generalmente sencillos) necesarios para mantener cualquier instalación, herramienta o equipo en condiciones seguras de uso, con el fin de evitar posibles daños al operador o al equipo mismo. (ABORNOZ, 2013)

Manual de mantenimiento correctivo: Contempla las reparaciones, cambios o modificaciones de cualquier herramienta, maquinaria o equipo cuando se ha detectado alguna falla o posible falla que pudiera poner en riesgo el funcionamiento seguro de la instalación, herramienta o equipo y de la persona que lo utiliza. (ABORNOZ, 2013)

Antes de comenzar los trabajos de limpieza, lubricación y control de debe desconectar la máquina.



## Limpieza

- Virutas y medio refrigerante se deben retirar de la máquina, por ejemplo, de la mesa y del tablero de mando Se debe utilizar para ello escobilla de mano y trapos de limpieza, de lo contrario existe el peligro de lesión por cortadura.
- Las ranuras de la mesa se deben raspar con una lámina apropiada
- Las piezas bruñidas de la máquina, por ejemplo, elementos de sujeción para herramientas, así como elementos de mando se deben limpiar y aceitar levemente
- El filtro de la bomba de refrigerante y el recipiente del mismo se deben limpiar

## Lubricar

- Controlar el nivel del aceite en las transmisiones y llenar si es necesario.
- A los lugares de lubricación se les debe suministrar aceite o grasa de acuerdo al plano correspondiente de lubricación.
- Las guías de deslizamiento en la ménsula se deben limpiar, aceitar levemente y el aceite debe ser repartido uniformemente
- Una vez realizada la lubricación se deben retirar las manchas de aceite y grasa del piso

## Controlar

- Controlar el juego del husillo portafresas ajustar los soportes si el juego es demasiado grande.
- Controlar las guías de la ménsula, ajustar las reglillas de guía equilibrando el juego.
- Controlar la conectabilidad de la transmisión eventualmente ajustarla.
- Controlar la tensión de las correas dado el caso que se disponga de una transmisión de ese tipo. Tensar eventualmente.

- Controlar las conexiones eléctricas, asegurar las líneas de acometida.

#### Manejo de las herramientas

- Depositar las herramientas sobre tablas de madera o sobre trapos.
- Depositar las herramientas en tal forma que las aristas cortantes no se dañen una a otra.
- Tras su utilización, eliminar los restos de virutas y medio refrigerante, teniendo en cuenta los espacios de rebajado entre los dientes.
- Afilar las herramientas romas a tiempo de lo contrario sobrecargan la maquina generándose gran cantidad de calor y se origina el peligro de rotura de la herramienta.
- Herramientas de metal duro o placas cortantes de cerámica se deben proteger contra los choques y golpes. El metal duro y la cerámica son frágiles y se quiebran fácilmente.
- En el arranque de virutas se debe cuidar de una lubricación y enfriamiento suficiente.

#### Ventajas

- Maximizan la disponibilidad de maquinarias y equipos para la producción de manera que siempre estén aptos y en condición de operación inmediata.
- Logran, con el mínimo costo posible, el mayor tiempo de servicio de las instalaciones y maquinarias productivas.
- Preservan el valor de las instalaciones, optimizando su uso y minimizando el deterioro y, en consecuencia, su depreciación.
- Disminuyen los paros imprevistos de producción ocasionados por fallas inesperadas, tanto en los equipos como en las instalaciones.
- Son un compendio de la totalidad de funciones y procedimientos que en materia

de mantenimiento se desarrollan en una organización, elementos éstos que por otro lado serían difícil reunir.

#### Desventajas

- Existe un costo en su redacción y confección que, indudablemente, debe afrontarse.
- Exigen una permanente actualización, dado que la pérdida de vigencia de su contenido acarrea su total inutilidad.
- No incorporan los elementos propios de la organización informal, la que evidentemente existe, pero no es reconocida en los manuales.
- Resulta difícil definir el nivel óptimo de síntesis o de detalle a efectos de que sean útiles y suficientemente flexibles.
- Su utilidad se ve limitada o es nula cuando la organización se compone de un número reducido de personas y, por lo tanto, la comunicación es muy fluida y el volumen de tareas reducido.

*3.5.6 Seguridad en fresadoras.*-Una máquina de control numérico (CNC, por sus siglas en inglés) es un enrutador controlado a través de una computadora que se mueve libremente a lo largo de diferentes ejes para realizar complejos diseños con gran precisión. Mientras que la manipulación de metal, de plástico y de madera puede ser una actividad peligrosa, las máquinas CNC se encuentran entre las herramientas más seguras para realizar este trabajo.

El ensamblaje del enrutador y los materiales siendo manipulados se encuentran generalmente detrás de una barrera protectora, previniendo así que expulse restos y evitando el contacto accidental con las partes de la máquina que se encuentran en movimiento. Aun así, los accidentes suceden, especialmente cuando se usan las máquinas de manera inapropiada o se inhabilitan las medidas de seguridad o, desde luego, si la máquina no funciona correctamente.

Cuando estés trabajando con una máquina CNC de cualquier tamaño, siempre utiliza el equipamiento de protección personal para reducir la probabilidad de una lesión. Utiliza guantes, gafas protectoras y zapatos o botas de punta cerrada, especialmente cuando trabajas cortando metales o con máquinas CNC. Utiliza protección para los oídos, como tapones o auriculares, para prevenir el daño que se acumula a causa del sonido. Evita la vestimenta grande y las joyas, y si tienes cabellera larga, mantenla recogida.

Las máquinas CNC son controladas por computadoras que deben ser programadas por el operador. La máquina hará lo que se le indique, incluso si es un comando peligroso; por lo tanto, el programador debe tener cuidado al diseñarla y programarla. Programar una profundidad máxima de no menos de 1 pulgada (2,54 cm) evitará que se perfora de más en la mayoría de las máquinas. Si estás cortando una pieza para separarla del material, diseña la pieza con canales de conexión entre el marco de material alrededor del perímetro y la pieza que estás cortando.

Para el trabajo en fresadoras de ménsula existen las siguientes reglas para la protección contra accidentes de trabajo:

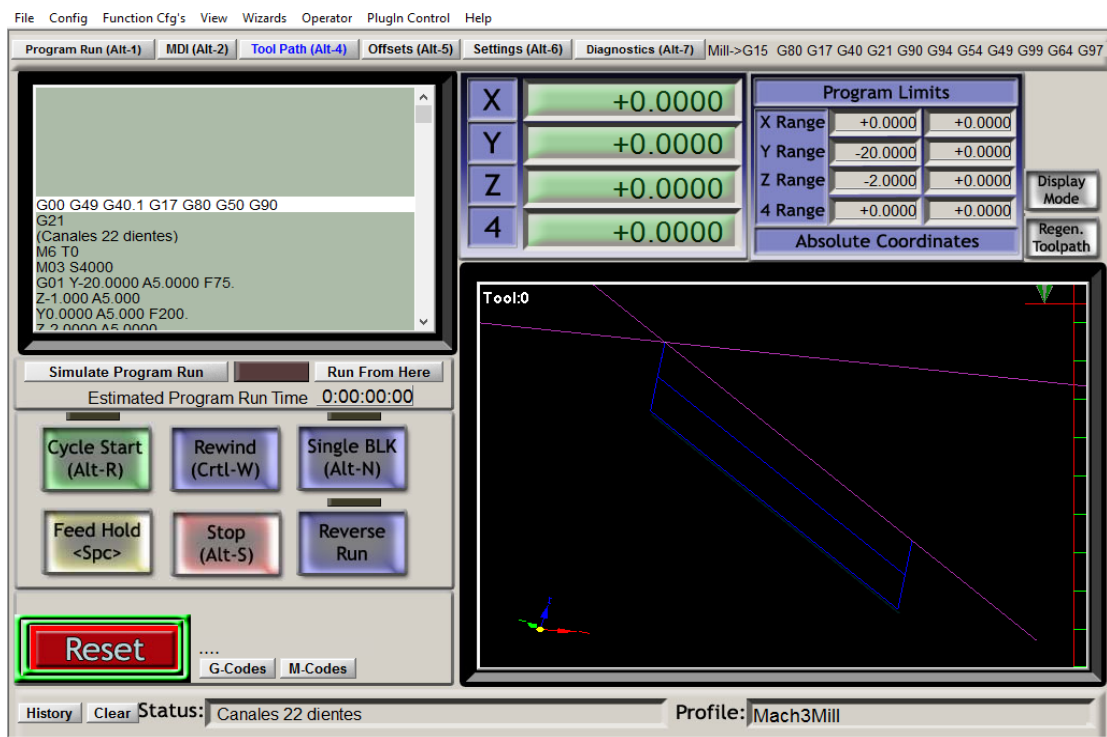
- Fresas de marcha rápida se deben asegurar con dispositivos de protección, existe el peligro debido a virutas expelidas.
- Durante el trabajo no se deben retirar las virutas, esto se debe realizar únicamente cuando la fresa se encuentra en estado de reposo, existe el peligro que el elemento auxiliar para retirar las virutas sea alcanzado por la fresa en movimiento
- Nunca se deben retirar las virutas con la mano.
- Nunca se debe medir la pieza durante el fresado, esto se debe realizar estando la fresa parada.
- Antes de cambiar la pieza se debe desconectar la máquina.
- Herramientas para el aprieto y la soltura del elemento de sujeción no se deben depositar tras su utilización sobre la máquina sino en su lugar correspondiente (mesa, armario)

- El cabello y la barba deben cubrirse con medios apropiados.
- El vestuario de trabajo debe ceñirse al cuerpo para que no sea alcanzado por la máquina
- Las cubiertas de protección desmontadas para el mantenimiento de la máquina, deben de montarse de nuevo antes de colocar la máquina en marcha.

### 3.6 Pruebas y funcionamiento.

Las primeras pruebas para la construcción del equipo se realizaron en madera por su fácil mecanización y dureza, además cabe mencionar que dichas pruebas son necesarias para entender el funcionamiento correcto del cuarto eje, ya que es un poco complicado con este tipo de máquinas didácticas, pero todo se realizó sin ningún inconveniente.

Figura 53. Pruebas previas



Fuente. Autores

En la figura 53. Muestra la codificación G cargada y lista para la mecanización de una especie de rueda dentada, para esta mecanización se realizó editando la configuración ya que es para una rueda dentada de 32 dientes, al ser una prueba se realiza solo de 4 dientes.

Figura 54. Proceso de mecanizado de rueda dentada



Fuente: Autores

En la figura 54 se muestra cómo se va mecanizando la especie de rueda dentada, esta es una prueba antes de comenzar la mecanización del tornillo que era el reto a cumplir en este trabajo de titulación.

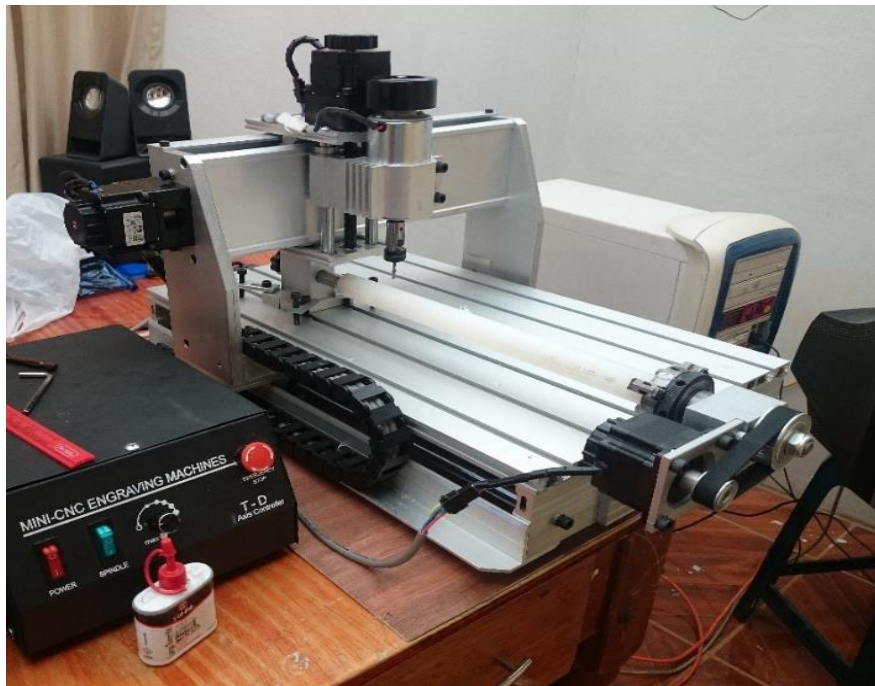
Figura 55. Prueba 2 de mecanización



Fuente: Autores

En la figura 55, se muestra la segunda prueba que se realizó ya para intentar mecanizar el tornillo sinfín cónico, estas pruebas como se puede observar se las realiza en madera, ya que es un material de fácil mecanización, este se debe a que son pruebas de estos prototipos realizados en una maquina CNC didáctica.

Figura 56. Proceso de construcción 1 del tornillo sinfín.



Fuente: Autores

En la figura 57 se muestra ya el comienzo de construcción del tornillo sin fin, para este proceso ya se ha decidido realizarlo en teflón, ya tiene características elásticas y resistentes para la mecanización.

Figura 57. Proceso

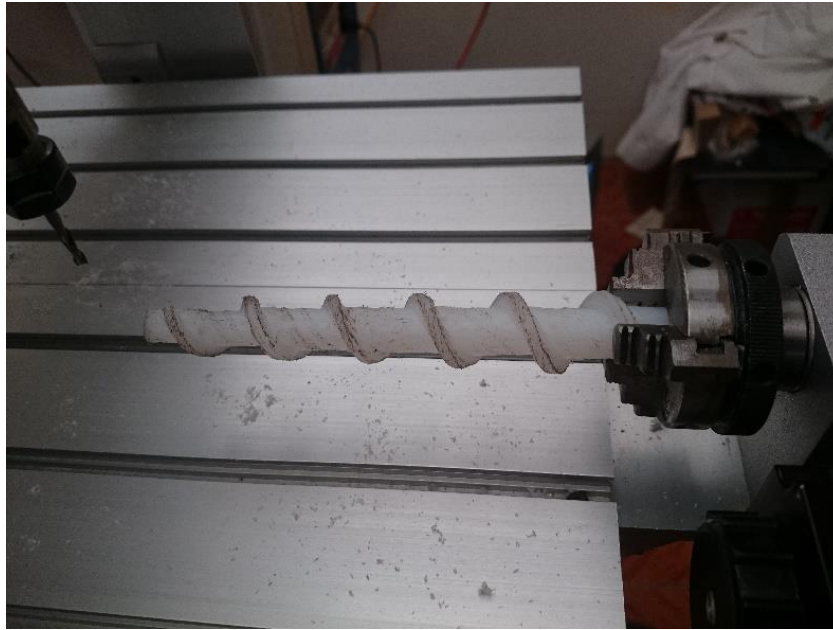


Fuente: Autores



En la figura 58 se muestra ya el producto final, este prototipo tiene un poco de fallas de acabado superficial debido a que el material al mecanizar sufre calentamiento y por ende tiende a derretirse un poco adhiriéndose el material a la herramienta, pero con pasos extensos se logró realizarlo.

Figura 58. Proceso terminado.



Fuente: Autores

En la figura 59 ya se muestra el proceso terminado a su 98 % ya que el acabado superficial no es el esperado, pero ya se cumplió con la mecanización de un tornillo sinfín cónico en una maquina CNC didáctica que es la parte principal de este trabajo de titulación.



## CAPÍTULO IV

### 4 ANALISIS DE COSTOS

El análisis de costos hace referencia a los gastos implicados en la realización del proyecto de titulación y no para la realización del modelado, porque el objetivo más importante es realizar el modelado más no la construcción.

#### 4.1 Costos directos

Los costos directos son aquellos que influyen directamente en el proceso de transformación del producto desde el inicio hasta el producto terminado. Los costos necesarios para llevar a cabo este proceso de transformación suman un total de trescientos veinte dólares (320 USD), y están constituidos por: Materia Prima, Capacitación CNC y CAD-CAM, impresiones, copias y empastados.

Tabla 11. Costos directos

DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
Materia prima	90
Capacitación CNC Y CAD -CAM	110
Impresiones, copias	100
Empastados	20
Total	320

Fuente: Autores

Los costos que incluyen la materia prima, se utilizó en la adquisición del material para la mecanización, debido a que realizamos pruebas de los motores paso a paso, realizando mecanizaciones en 2D y 3D, ya que ocupamos diferentes materiales como madera y teflón, lo cual fue de noventa dólares (90 USD).

Para realizar el modelado, realizamos varias capacitaciones y charlas impartidas por personas capacitadas en estos temas como es uso de software de CAD-CAM y CNC para la utilización de la máquina didáctica, debido a esto los costos fueron de ciento diez dólares (110 USD).

De la misma manera otro costo se suma a los directos, es por las impresiones realizadas del proyecto, además a esto se suman: las copias y los respectivos empastados, para culminar el proyecto, lo cual nos da la suma de ciento veinte dólares (120 USD).

## 4.2 Costos indirectos.

Los costos indirectos son los que se adhieren al proceso de transformación, mas no al producto terminado y están constituidos por: transporte, alimentación, adquisición de máquina CNC y adquisición de materiales para la construcción de una mesa, lo cual suma dos mil ochocientos veinte dólares (2820 USD).

Tabla 12. Costos indirectos

DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
Transporte	400
Alimentación	400
Adquisición de máquina CNC	1700
Adquisición de un ordenador	200
Construcción de mesa	120
Total	2820

Fuente: Autores

Los costos de transporte están descritos en lo que respecta movilización de sectores urbanos e interprovinciales, principalmente entre provincias de Chimborazo y Tungurahua, donde realizamos el trabajo y construcción de elementos necesarios, lo cual asciende a una suma de cuatrocientos dólares (400 USD).

La alimentación se considera un costo indirecto, siempre y cuando este tenga que ver con la realización del proyecto de titulación, dando una cantidad de Cuatrocientos dólares (400 USD).

Los costos indirectos incluyen en la adquisición de una maquina CNC de cuatro ejes didáctica, para realizar la construcción del modelado, con lo cual se importó esta máquina desde los Estados Unidos de Norte América, lo cual se llevó a cabo sin ningún inconveniente, con un valor total de mil setecientos dólares (1700 USD).

Para controlar la máquina didáctica se realizó la adquisición de un ordenador, el mismo que será entregado al igual que la máquina, lo cual tuvo un costo de doscientos dólares (200 USD).

Se realizó la compra de materiales para la construcción de una mesa, la misma que servirá para colocar la máquina y el ordenador en un solo conjunto, lo cual tiene un costo de ciento veinte dólares (120 USD).

#### **4.3 Costos totales.**

Los costos totales son la suma de los costos directos e indirectos y tiene que ver directamente con la ejecución de este proyecto de titulación, lo cual asciende a un valor total de tres mil ciento cuarenta dólares (3140 USD).

## **CAPÍTULO V**

### **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones.**

- El modelado del tornillo sin fin cónico se realizó satisfactoriamente, con la única observación de que, al momento de realizar el barrido de la hélice, se debe tener en cuenta que los dientes tengan un Angulo de 90 °, todo debido a que la maquina trabaja con su eje Z verticalmente y no se puede mecanizar con ángulos de inclinación.
- El modelado realizo en el software Siemens NX, este software es muy completo para procesos de manufactura, y se llevó a cabo sin ningún inconveniente, ya que su uso es idéntico al de Solidworks.
- La elaboración del tornillo se realizó con un poco de inconvenientes, pero se logró construir, es necesario realizar pequeñas pruebas de mecanización para verificar el correcto funcionamiento de los motores Paso a Paso y entender el funcionamiento del cuarto eje.
- Una vez implementado esta máquina CNC, se espera que los estudiantes complementen sus conocimientos teórico prácticos, impartido en las aulas de nuestra prestigiosa escuela.

#### **5.2 Recomendaciones.**

- Continuar con la investigación sobre los sistemas CNC Router para ir fomentando el desarrollo completo del control numérico para en el futuro ir complementando con información relevante como la detección automática del cero pieza, y la implementación de un sistema automático de cambio de herramientas para eliminar el procedimiento que se debe realizarlo manualmente

- Cuando se realiza la adquisición de una máquina CNC didáctica, se debe conocer las limitaciones del sistema mecánico, y realizar una selección adecuada de cada componente, teniendo presente la disponibilidad del mercado proveedor para cada dispositivo, con el fin de tener un abastecimiento inmediato de servicio de postventa en caso de fallos o imprevistos presentados a lo largo de la vida útil de la máquina.
- Antes de usar u operar la máquina por primera vez, es indispensable que el operario sea supervisado de manera directa, desde la calibración hasta la puesta en marcha de la máquina, también se debe poseer conocimientos básicos acerca del CAD-CAM y conocer las funciones y limitaciones de la máquina CNC.
- Realizar ensayos para observar el comportamiento de la estructura CNC, con el fin de poder mecanizar otros tipos de materiales, como metales ferrosos, que en los manuales explica.
- Analizar la posibilidad de ampliar los campos de aplicación de este prototipo, para desarrollar destrezas suficientes en el manejo del control numérico en diferentes áreas donde la manufactura a partir del modelado 3D es importante, áreas como la electrónica, mecánica, textil, maderera; mediante la generación de códigos de manufactura provenientes de paquetes tales como: Siemens NX, ArtCam, solid work, mechanical desktop, bobcadcam, etc.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ABORNOZ, J. L.** *Manual de mantenimiento*. Santiago-Chile: Ediciones Tecnicas, 2013, pp. 33

**AENOR.** *Mantenimiento. Terminología del mantenimiento*. [en línea] España (2011) [Consulta 21 de Octubre de 2016] Disponible en <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0046894#.WIErulPhDIV>

**AHIP CNC.** *Los motores*. [en línea] España 2010 [Consulta 20 de Septiembre de 2016] Disponible en <https://ahipcnc.wordpress.com/>

**ALAIN, A.** *Understanding CNC Routers*. Toronto-Canadá: FPInnovations, 2011, pp.114

**ALDABALDETRECU, P.** *Historia de las fresadoras*. Madrid-España:, Editorial Visión Libros. 2007. pp. 25

**ARRANZ, F.** *Ingeniería de fabricación: mecanizado por arranque de viruta*. Madrid-España: Editorial Visión Libros, 2005, pp. 62

**CABRERO, J.** *Operaciones de mecanizado por medios automáticos. FMEE0208*. Antequera-España: IC Editorial, 2013. pp. 46

**CARAZO, M.** *Máquinas herramientas. Apuntes de taller. 2. Cálculos tecnológicos*. Barcelona-España: Universidad Politècnica de Catalunya, 2004, pp. 54

**CASILLAS, A.** *Máquinas y Cálculos de taller*. 5ª ed., Madrid - España: Autor-Editor. 2008. pp. 8, 9.

**CHINACNCZONE.** *User guide for CNC 3040 Series*. [en línea] USA 2015 [Consulta 16 de Septiembre de 2016] Disponible en <http://www.china-cncrouter.com//downfile/2015120417282452561.pdf>

**CLARKEINTERNATIONAL.** *Herramientas para trabajar la madera*. [en línea] USA 2016 [Consulta 26 de Octubre de 2016] Disponible en <http://www.clarkeinternational.com/pages/clarke-home>.

**CRUZ TERUEL, F.** *Control Numerico y programación*. Madrid-España: Marcombo, Ediciones Técnicas. 2005, pp. 105

**DOMÍNGUEZ, E., & FERRER, J..** *El taller de automoción (Mecanizado básico)*. Madrid-España: Editex, 2011, pp. 97

**GARCÍA, A., & CASTILLO, F.** *CIM, el computador en la automatización de la producción*. Cuenca-España: Ediciones de la Universidad de Castilla, 2007, pp. 26

**GERLING, H.** *Alrededor de las máquinas-herramienta*. 3ª ed., Barcelona-España: Reverte, 2002, pp. 123.

**GINJAUME, A., & TORRE, F.** *Realización de proyectos y piezas en las máquinas herramienta: libro de prácticas*. Madrid-España: Editorial Paraninfo, 2005, pp. 59.

**GOMEZ, S..** *Procedimientos de mecanizado*. 3ª ed., Milan-Italia: Cengage Learning, 2006, pp. 78.

**GÓMEZ, T., et al.,** *Mecanizado básico para electromecánica*. Madrid-España: Editorial Paraninfo, 2011, pp. 156.

**KALPAKJIAN, S., & SCHMID, S.** *Manufacturing Engineering & Technology, 7th Edition*. Madrid-España: Pearson Education, 2013, pp. 59

**LASHERAS, J. M..** *Máquinas herramientas: fresadoras*. Madrid-España: Donostiarra, 2002, pp.98.

**MACHSUPPORT.** *Mach3*. [en línea] USA 2013[Consulta 26 de Noviembre de 2016]  
Disponibile en <http://www.machsupport.com/software/mach3/>

**MARZAL S.A..** *Manual de Seguridad y Salud en operaciones con herramientas manuales, maquinaria de taller y soldadura*. Madrid-España: Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad Politécnica de Valencia, 2007, pp. 19.

**MILLÁN, S..** *Procedimientos de mecanizado*. Madrid-España: Editorial Paraninfo, 2006, pp. 68.

**OBERG, E.** *Spiral and worm gearing*. Florida-Estados Unidos: The Industrial Press, 1920, pp. 89.

**ONSRUD.** *CNC Production Routing Guide*. [en línea] Noruega. 2005. [Consulta 22 de Septiembre de 2016] Disponible en <http://www.onsrud.com/files/pdf/LMT-Onsrud-CNC-Prod-Routing-Guide.pdf>

**RADHAKRISHNAN, P., et al.** *CAD/CAM/CIM*. 2ª ed., New Delhi-India: New Age International, 2000, pp. 125.

**RODRÍGUEZ, F., et al.** *Especificaciones técnicas en procesos de mecanizado por arranque de viruta. FMEH0109*. Antequera-España: IC Editorial, 2014, pp. 63.

**SÁNCHEZ, G.** *Uso de la tecnología en el aula II*. Monterrey-México: Palibrio, 2014, pp. 84.

**SHARPE, B.** *CNC Router*. Texas-Estados Unidos: Dorothy S. Brady, 1914, pp. 96.

**THL MACHINE.** *Fresadora & Perforadora*. [en línea] España. 2013. [Consulta 21 de Septiembre de 2016] Disponible en <http://www.thlmachine.com/es/fresadora-135.html>

**TINKERANDFUTZ.** *A Guide to CNC Bits*. [en línea] USA. 2014. [Consulta 16 de Octubre de 2016] Disponible en <http://www.tinkerandfutz.com/a-guide-to-cnc-bits/>

**ULAJE, M.** *Manual de herramientas, maquinaria y equipo eléctrico*. México: Universidad Iberoamericana, 2004, pp. 64.

**VINILSHOP.** *Herramientas de corte y grabado*. [en línea] España. 2009. [Consulta 16 de Octubre de 2016]. Disponible en [http://www.fresado.com/html/fresas\\_izquierdas\\_.html](http://www.fresado.com/html/fresas_izquierdas_.html)

**WAKERLY, J.** *Diseño digital: principios y prácticas*. Monterrey-México: Pearson Educación, 2001, pp. 112